

Studien über die Körper im sphäroidalen Zustande.

Neuer Zweig der Physik.

Von

M. G.x) H. Boutigny,

ehemaligem Präsidenten der Gesellschaft für Pharmacie und Chemie zu Paris 2c.

x) Pierre

Nach der dritten Auflage des französischen Originals übersetzt

von

R. Arendt.

Mit 27 Holzschnitten.

Leipzig:
F. A. Brockhaus.

1858.

Studien über die Körper im sphäroidalen Zustande.

Vorwort.

Die Erscheinungen, welche die Körper zeigen, wenn sie auf Flächen, die bis zu einer gewissen Temperatur erhitzt sind, geworfen werden, sollen den Hauptgegenstand des vorliegenden Werks bilden. Das Studium dieser Erscheinungen ist bisher vollständig vernachlässigt worden, und Alles was man darüber wußte, beschränkte sich auf das Verhalten des Wassers in einem glühenden Gefäße. Man hatte daher über diese Eigenschaft der Materie nur unvollständige und zum Theil irrthümliche Vorstellungen, bevor ich gezeigt habe, daß das Wasser bei + 200° noch leicht, etwas schwerer bei + 171° in den sphäroidalen Zustand [1] übergehen und bis zu + 142° hinab in demselben verharren kann. Welch ein Unterschied zwischen den Temperaturen von + 142° und + 1500°, welche letztere man als die Temperatur der Weißglühhitze annimmt und die man zum Eintritt des sphäroidalen Zustandes bisher für nöthig hielt!

Ich kann daher mit Recht sagen, daß in diesen Untersuchungen Alles neu ist; aber die Thatsachen und die Theorien, die ich hiermit gebe, stehen in zu inniger Beziehung zu den Grundprincipien der Physik, als daß sie nicht früher oder später zum Gegenstand gründlicher Untersuchungen gemacht werden sollten.

---

[1] Der Ausdruck „sphäroidaler Zustand", welchen ich zur Bezeichnung der in Rede stehenden Molecularmodification vorgeschlagen habe, ist jetzt in die wissenschaftliche Sprache übergegangen.

Man wird mich umsomehr verstehen und die Bedeutung solcher Untersuchungen erkennen, wenn ich sage, daß das Gleichgewicht der Wärme sich zwischen den Körpern im sphäroidalen Zustande und den Gefäßen, in denen jene enthalten sind, nie herstellt und nie herstellen kann. Dieser Mangel an Gleichgewicht beweist auf das klarste, daß die gegenwärtig bestehenden Theorien über die Wärme unvollständig und ungenügend sind, und daß man sich vielleicht ein wenig zu sehr beeilt hat, auf das Studium derselben die mathematische Analysis anzuwenden, die stets als ein vortreffliches Instrument zu betrachten ist, wenn man sich ihrer mit Vorsicht und Geschicklichkeit bedient.

Gleichwol weiß man, daß die Mathematiker einem Versuch nie etwas hinzufügen noch wegnehmen können. Sie lehren uns das Wieviel, aber über das Warum und das Wie schweigen sie fast immer.

Die erste Auflage meiner Studien ist 1842 erschienen und war trotz ihrer zahlreichen Mängel schnell vergriffen; die zweite erschien 1847 und wurde ebenso günstig aufgenommen als die erste. Ermuthigt durch diese wiederholten Erfolge habe ich dieser dritten Auflage meine ganze Sorgfalt gewidmet, und dieselbe hat in gewisser Hinsicht mit den vorhergehenden nichts gemein. Neue Versuche, neue Consequenzen aus den ältern, eine strengere Methode, eine passendere Eintheilung des Stoffs, größere Freiheit in den Theorien machen aus der Arbeit, die ich hiermit dem Publicum übergebe, ein vollkommen neues Werk.

Es möge mir hier gestattet sein, einige Worte über den Ursprung meiner Untersuchungen mitzutheilen.

Eines Abends stellte ich Versuche über die relative Dichtigkeit verschiedener Stärkesorten an und verfuhr dabei folgendermaßen: Ich übergoß in einem Probirglase die Substanz mit Aether, schüttelte heftig um, setzte das Gefäß beiseite und notirte die Zeit, welche die Stärke brauchte, um sich abzusetzen. Die am schnellsten sich senkende war entweder die voluminöseste bei gleicher Dichtigkeit, oder die dichteste bei gleichem Volumen der Körner, ein Resultat, welches mir zu meinem Zwecke genügte.

Die geringe Menge Aether goß ich nach jedem Versuch auf einen Herd, auf dem sich einige noch glühende Kohlen befanden.

Jedesmal, wenn der Aether auf eine solche fiel, erschien eine schöne blaue Flamme, die von der gewöhnlichen Flamme des Aethers sehr verschieden war. Das Phänomen erregte meine Neugier und veranlaßte mich, den Versuch am Tage in einem Tiegel zu wiederholen.

Ich erhitzte zu diesem Zweck einen Platintiegel schwach über einer Spirituslampe und goß einige Tropfen Aether hinein, welche sich abrundeten, ohne das Gefäß zu benetzen. An einem dunkeln Orte beobachtet zeigte sich der Tiegel von schönen blauen Dämpfen erfüllt. Mittels eines Streifens Lackmuspapier erkannte ich, daß die innere Temperatur des Tiegels sehr bedeutend von der des kleinen Sphäroids abwich; denn der Theil des Papiers im Tiegel wurde gebräunt, während das untere Ende, welches in das Sphäroid reichte, vollkommen unverändert blieb.[1]

Dies war der Anfang der in diesem Werke beschriebenen Versuche.

Wer an einen Zufall glaubt, wird hierin einen neuen Beweis seiner Macht finden. Andere werden erkennen, daß bei den Beobachtungswissenschaften das Glück oft in einem Tage mehr thut als jahrelange Arbeit. Doch Zufall oder Glück, wie man es nennen will: es ist nicht mir allein begegnet; ich kenne der Beispiele mehre, die nicht bekanntgemacht worden sind.

Ich bin daher in Wahrheit nichts als der Ausleger des Zufalls. Möchte ich seine Sprache recht verstanden haben. Uebrigens muß ich bekennen, daß es mir im Anfange (im Jahre 1836) so ergangen ist wie allen Denen, welche einen neuen Untersuchungsgegenstand entdecken; ich wußte weder seinen Umfang noch seine Bedeutung zu schätzen: ich hatte mir einen Kreis gezogen, in dem ich jeden Punkt erforschen wollte, aber ich erkannte bald, daß dieser Kreis sich täglich erweiterte und heute ohne Grenzen ist.

So glaube ich denn, ohne anmaßend zu sein, sagen zu dürfen, daß die Entdeckung des *sphäroidalen Zustandes* der Experimentalphysik und Chemie ein neues und weites Feld eröffnet, und daß die Entdeckung dieses vierten Zustandes der

[1] Physikalisch, aber nicht chemisch; denn es wurde geröthet. Man wird im zweiten Theile dieses Werks die Erklärung dieser Erscheinung finden.

Materie mehre Theorien, die man gegenwärtig als wahr und ausreichend ansieht, durchaus modificiren wird.

Das vorliegende Werk wird, wie ich hoffe, den Nachweis liefern, daß Das, was ich hier ausgesprochen habe, nichts weniger als gewagt ist.

So würden also einige Gramm Kartoffelstärkemehl die Veranlassung zu einer vollständigen Revolution, oder wenigstens zu einem großen wissenschaftlichen Fortschritt sein. Doch war es nicht von jeher so? Haben nicht zu Tausenden malen die unbedeutendsten Ursachen die größten Wirkungen hervorgebracht?

Vorwort des Uebersetzers.

Eine Zusammenstellung der hauptsächlichsten Versuche, welche über die in Deutschland unter dem Namen des „Leidenfrost'schen Phänomens" bekannte Erscheinung angestellt worden sind, wird gewiß einem jeden Naturkundigen nicht unerwünscht sein. Was der Verfasser des vorliegenden Werks seit einer langen Reihe von Jahren über diesen Gegenstand gearbeitet hat, bietet des Interessanten soviel und hat so wesentlich dazu beigetragen, den Kreis aller dahin gehörigen Erscheinungen zu erweitern, daß er wol mit vollem Recht dazu berufen war, eine Monographie dieses merkwürdigen Phänomens zu schreiben. Dies veranlaßte mich, eine Uebertragung seines Werks ins Deutsche zu versuchen, und ich glaube nicht nöthig zu haben, ein solches Unternehmen besonders zu rechtfertigen. Wenn ich bei dieser Arbeit nur als Uebersetzer aufgetreten bin und mich von jedem kritischen Bestreben ferngehalten habe, so wolle man den Grund hiervon wesentlich nur darin suchen, daß ich das Werk dem deutschen Publicum in unverkürzter Form zu übergeben wünschte, und dabei die Ueberzeugung hegte, es könne für die vollständige Aufklärung des in Rede stehenden Phänomens nur ersprießlich sein, wenn der Controverse die Thür durchaus geöffnet bliebe.

So gewiß es ist, daß die große Reihe der beschriebenen Versuche die allgemeinste Billigung finden wird und zum Theil schon gefunden hat, so sicher ist anzunehmen, daß ein namhafter Theil der daraus gezogenen Consequenzen und Anwendungen bei den Physikern Anstoß erregen wird. Der Verfasser ist mit einer so

kühnen Phantasie begabt, daß er sich gar nicht selten zu Schlußfolgerungen verleiten läßt, die man zum mindesten als gewagt bezeichnen muß. Ob einem Phänomen, das allerdings noch nicht erschöpfend und zum Theil nur oberflächlich studirt worden ist, wirklich die Bedeutung zukommt, die der Verfasser ihm beilegt, oder ob dasselbe einfach den Erscheinungen der Molecularwirkungen zwischen festen und flüssigen Körpern beizuordnen ist, darüber müssen weitere Untersuchungen und Rechnungen entscheiden. Jedenfalls verdient die Erscheinung nach dieser Seite hin Beachtung. Für jetzt müssen wir die Arbeiten des Verfassers als werthvolle Grundlagen ansehen, welche der weitern Verbreitung würdig sind, und welche die rechnende Physik zum Aufbau einer vollständigen Theorie des Phänomens und aller damit zusammenhängenden Erscheinungen benutzen kann.

Dies sind die Gesichtspunkte, die mich zu einer deutschen Bearbeitung des vorliegenden Werks veranlaßten. Es ist dabei meine alleinige Sorge gewesen, durch Eingehen in den Sinn des Gesagten dem Verfasser allerwärts zu folgen und ein möglichst treues Abbild des Originals zu liefern. Der Nachsicht des Publicums stelle ich es anheim, zu urtheilen, wie weit mir dies gelungen ist.

Möckern bei Leipzig, im August 1857.

R. Arendt.

Inhaltsverzeichniß.

Seite

Vorwort V

Vorwort des Ueberſetzers IX

Einleitung 1

Erſter Theil. Phyſik 3

§. 1. Die niedrigſte Temperatur, bei welcher das Waſſer in den ſphäroidalen Zuſtand übergehen kann .... —

§. 2. Geſetz der Verdampfung des Waſſers im ſphäroidalen Zuſtande 7

§. 3. Temperatur der Körper im ſphäroidalen Zuſtande 9

§. 4. Wärmereflexionsvermögen der Körper im ſphäroidalen Zuſtande 24

§. 5. Allgemeinheit des ſphäroidalen Zuſtandes 27

§. 6. Suspenſion der Sphäroide 31

§. 7. Der ſphäroidale Zuſtand als Urſache der Dampfkeſſelexploſionen 50

Neues Syſtem der Dampfkeſſel 91

Generatoren mit Diaphragmen 94

Grad der Sicherheit der Generatoren mit Diaphragmen 100

Theorie des Generators mit Diaphragmen 108

Berichte über denſelben 112

Gemiſchtes Dampfkeſſelſyſtem von Boutigny 117

§. 8. Phyſikaliſche Conſtitution der Körper im ſphäroidalen Zuſtande. 124

Anhang 126

Zweiter Theil. Chemie 143

Zerſetzungen des Aethers 145

" des Alkohols und Holzgeiſtes 155

Verhalten von Aethylchlorür 157

" " Schwefelſäure mit Alkohol .... —

" " Salpeterſäure mit Alkohol 158

" " Ammoniak 159

" " Waſſerſtoffſuperoxyd .... —

" " ammoniakaliſcher Jodlöſung 161

Oxydationserſcheinungen 165

Terpentinöl im ſphäroidalen Zuſtande 166

Anwendungen .... —

Seite

Dritter Theil. Theorie ... 173
§. 1. Ursache der Suspension der Sphäroide ... —
§. 2. Sphäroidaler Zustand ... 184
§. 3. Der sphäroidale Zustand verglichen mit den drei andern Aggregatzuständen ... 188
§. 4. Ursache der niedrigen Temperatur der Sphäroide ... 194
§. 5. Ursache des sphäroidalen Zustandes ... 200
§. 6. Der sphäroidale Zustand und das Newton'sche Gesetz ... 212
§. 7. Kosmologie ... 217
Die Sphäroide als Satelliten der Erde betrachtet ... 232
Saturn und sein Ring ... 240
Die Erde und ihr Satellit ... 243
Meteorologie ... 281
Ursprung der Steinkohle ... 287
Allgemeines Résumé ... 296

Einleitung.

Das Phänomen, welches in diesem Werke näher untersucht werden soll, mußte seit den ältesten Zeiten, sozusagen seit der Erscheinung des Menschengeschlechts auf der Erde, die Aufmerksamkeit erregen. In der That, der Erste, der einen Feuerstein, ein Stück Granit oder irgendein Metall erhitzte und zufällig oder freiwillig einige Tropfen Wasser darauf fallen ließ, mußte dieselben in den sphäroidalen Zustand übergehen sehen. Mit diesem Namen will ich diese eigenthümliche Modification bezeichnen. Dennoch findet sich, soviel ich weiß, keine historische Tradition, welche bewiese, daß das Phänomen im Alterthume bekannt gewesen; es sei denn, daß der 19. Vers des 19. Capitels der Weisheit Bezug auf dasselbe hätte. Dieser Vers lautet: „Das Feuer war mächtig im Wasser über seine Kraft, und das Wasser vergaß seine Kraft zu löschen.“ Der erste Theil dieses Verses könnte ebenso gut auf das Griechische Feuer, auf das Kalium u. dergl. Anwendung finden.

Später erkannten die Glasbläser diese Eigenschaft des Wassers und wußten davon eine sehr sinnreiche Anwendung auf ihre Kunst zu machen (Dumas); aber wirklich beobachtet wurde die Erscheinung erst gegen die Mitte des vorigen Jahrhunderts, und zwar fast zu derselben Zeit von Eller[1] und Leidenfrost[2]. Seit dieser Zeit scheint es sich die kleine Zahl von Physikern, die sich mit dem Phänomen beschäftigt hat, zur Aufgabe gemacht zu haben, Irrthümer darüber zu begehen

[1] Histoire de l'Académie de Berlin (1746), S. 42.

[2] De aquae communis qualitatibus (Duisburg 1757).

und zu verbreiten, wie man in vorliegendem Werke zu sehen Gelegenheit haben wird. Man muß indessen bekennen, daß keiner von ihnen die Erscheinung gründlich studirt hat, sodaß darin ohne Zweifel der Grund jener Irrthümer liegt.

Werde ich glücklicher sein, als die Gelehrten, die mir auf diesem Wege vorangegangen sind? Ich darf es hoffen, denn ich habe die Versuche nach jeder Richtung hin unendlich vervielfacht, und man wird es mir sicher glauben, wenn ich sage, daß seit dem Jahre 1836 fast kein Tag vergangen ist, an dem ich mich nicht mehr oder weniger mit der Erforschung dieses merkwürdigen Phänomens beschäftigt hätte.

Uebrigens bin ich weit entfernt zu glauben, daß ich die letzte Hand an diesen ausgedehnten Untersuchungsgegenstand gelegt habe; es werden ohne Zweifel noch viele Jahre vergehen, bevor er ganz erschöpft sein wird. Ein Gebiet, welches Physik, Chemie, Geologie, vielleicht auch Astronomie, ja die ganze Natur umfaßt, kann nicht in einem Tage und von einem Einzelnen erforscht werden.

Wie schon im Vorworte erwähnt, habe ich die Arbeit in drei Hauptabschnitte getheilt. Im ersten soll der sphäroidale Zustand in seinen Beziehungen zur Physik, im zweiten vom chemischen Standpunkte aus betrachtet werden; im dritten will ich alle Thatsachen durch eine allgemeine Theorie um einen gemeinschaftlichen Mittelpunkt zu gruppiren suchen.

Im ersten Theile werde ich feststellen:

1) die unterste Grenze der Temperatur, bis zu welcher die Erscheinung eintreten kann;

2) das Gesetz der Verdampfung des Wassers im sphäroidalen Zustande;

3) das Gesetz der Temperatur der Körper im sphäroidalen Zustande und der ihres Dampfes;

4) ob die strahlende Wärme die Sphäroide durchdringt oder von denselben zurückgeworfen wird;

5) ob alle Körper in den sphäroidalen Zustand übergehen können;

6) ob eine Berührung zwischen den Körpern im sphäroidalen Zustande und den Oberflächen, auf denen sie entstehen, stattfindet oder nicht;

7) ob das Phänomen eine Rolle bei den Explosionen der Dampfkessel spielt;

8) endlich, welches die physikalische Constitution der Körper im sphäroidalen Zustande ist.

Erster Theil.

Physik.

§. 1. Welches ist die niedrigste Temperatur, bei welcher das Wasser in den sphäroidalen Zustand übergehen kann?

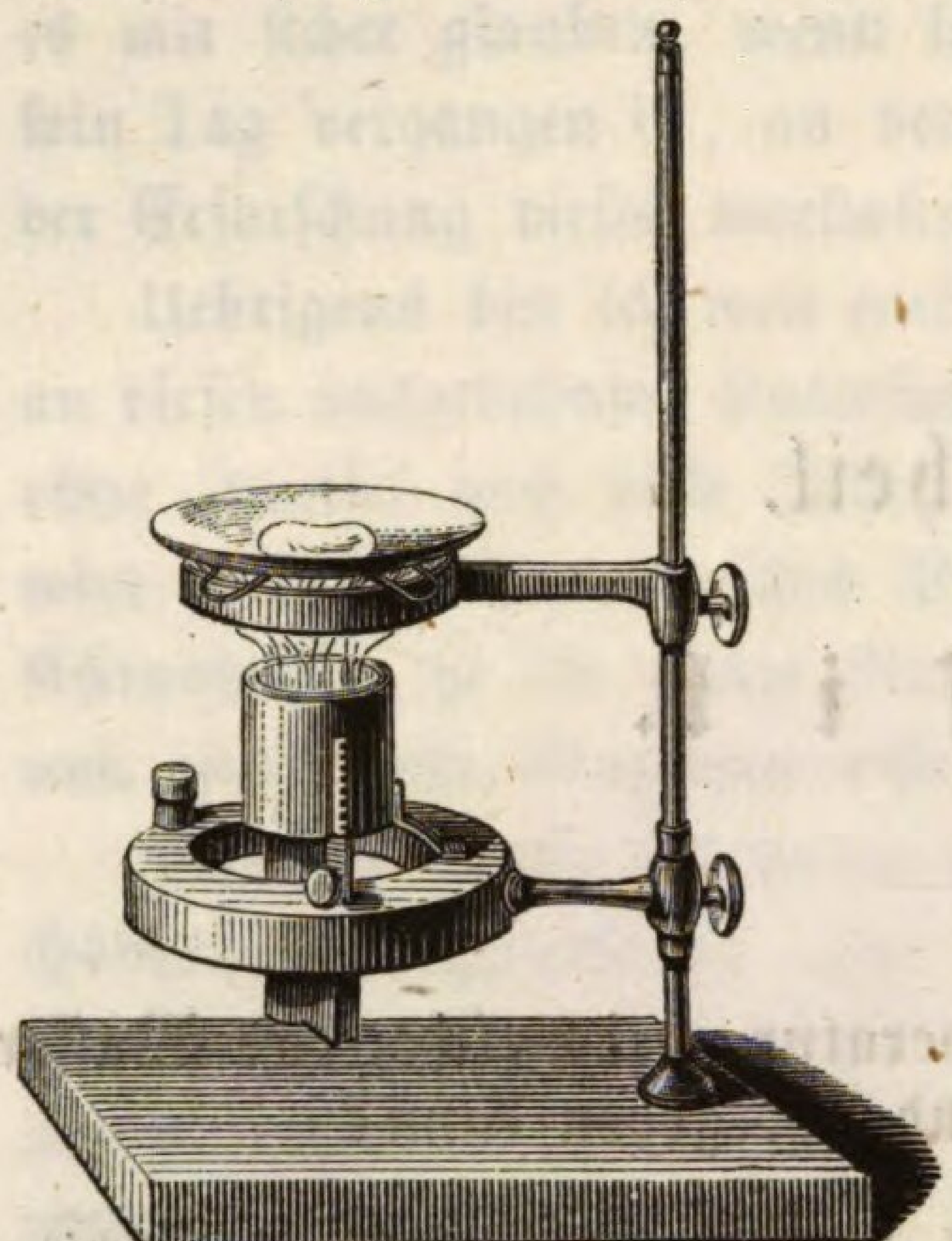
Nach Pouillet und der Mehrzahl der Physiker ist Weißglühhitze nöthig, damit das Wasser in den sphäroidalen Zustand übergehe, und das Phänomen verschwindet bei dunkler Rothglut, d. h. das Wasser breitet sich bei dieser Temperatur auf der Oberfläche des Gefäßes aus, benetzt dieselbe, siedet und verdampft heftig. Man wird sehen, daß dem nicht so ist.

Bevor ich jedoch weiter gehe, ist es nöthig hervorzuheben, daß sich die ganze Frage um die beiden Erscheinungen des Benetzens und Nichtbenetzens dreht.

Man weiß, daß Jurin, Clairaut, Segner, Laplace, Young und Poisson Schritt vor Schritt die Erscheinungen der Capillarität studirt haben, daß jede ihrer Theorien mit der größten mathematischen Schärfe ausgearbeitet ist, daß aber keine derselben vollständig genügt. Weiß man doch heutzutage noch nicht, warum das Wasser ein kaltes Gefäß benetzt; aber wenn man dies erkannt hat, so wird man auch wissen, warum es das Gefäß nicht benetzt, wenn dasselbe bis zu einer gewissen Temperatur erhitzt ist. Wenn man im erstern Falle sagte: es findet eine Attraction zwischen dem kalten Gefäß und dem Wasser statt, würde man im zweiten berechtigt sein zu sagen: es existirt eine Repulsion zwischen dem heißen Gefäße und

dem Wasser. Doch wir kommen im dritten Theile auf diesen wichtigen Punkt der Frage zurück.

Erster Versuch. — Man erhitzt über einer Spirituslampe mit doppeltem Luftzuge vorsichtig eine Schale von Blei und läßt mittels einer Pipette, die in eine Capillarröhre endigt, einen oder zwei Tropfen Wasser hineinfallen. Die kleinen Tröpfchen der Flüssigkeit rollen auf der Oberfläche der Schale hin und her, dann vereinigen sie sich zu einer einzigen Kugel, welche sehr langsam verdampft (Fig. 1). Man weiß nun, daß das Blei bei + 260° schmilzt, also vermag das Wasser bei einer Temperatur in den sphäroidalen Zustand überzugehen, die bedeutend unter der Weißglühhitze, ja selbst unter der Rothglühhitze liegt, welche man bei + 700° annimmt. Dies ist indeß nicht die äußerste Grenze, wie der folgende Versuch beweisen wird.


Fig. 1.

Zweiter Versuch. — Eine halbkugelförmige Platinschale, 58 Gramm schwer, 0,082 Meter im Durchmesser, wurde in einem Oelbade bis zu 200° erhitzt und in dieselbe getröpfeltes Wasser ging fast ebenso leicht in den sphäroidalen Zustand über als in der Schale von Blei. Darauf ließ ich das Bad erkalten, indem ich von Zeit zu Zeit kleine Wassertröpfchen in die Schale spritzte, und konnte so bis auf 171° hinabsteigen. Bei dieser Temperatur ist es aber äußerst schwierig, das Benetzen zu verhindern, indessen ist es mir mit Anwendung einiger Vorsichtsmaßregeln gelungen, welche ich hier anführen zu müssen glaube. Man saugt nur einen oder zwei Tropfen Wasser in die Pipette, faßt sie mit dem Daumen und den drei letzten Fingern der Hand und schließt ihre obere Oeffnung mit dem Zeigefinger. Darauf ertheilt man mit einer ähnlichen Bewegung, als wolle man eine Feder ausspritzen, der Pipette eine hinreichend starke Erschütterung, welche so ihren Inhalt in sehr feinen Tröpfchen ausfließen läßt. Es bildet sich ein Sphäroid von einer Festigkeit, die man für permanent halten könnte, so langsam geht die Verdunstung vonstatten. Wendet man statt des kalten Wassers heißes an, so kann man noch unter 171° hinabsteigen; aber es war mir durchaus unmöglich, tiefer als 142° zu gelangen.

Dritter Versuch. — Man läßt in einer blank polirten, auf 200° erhitzten Silberschale einen Tropfen Wasser in den sphäroidalen Zustand übergehen, dann bringt man dieselbe mit Vorsicht in ein Oelbad von 150° und beobachtet genau. Das Wasser bleibt im sphäroidalen Zustande, bis die Temperatur auf 142° gesunken ist; dann benetzt es die Schale und verdampft heftig. Bisjetzt ist es mir nicht gelungen, unter diese Temperatur hinabzusteigen, welche sonach die äußerste Grenze zu sein scheint, bei welcher das Wasser in den sphäroidalen Zustand übergehen kann. Dennoch wage ich nicht zu behaupten, daß es unmöglich sei, auch unterhalb dieser Grenze noch positive Resultate zu erlangen, zumal wenn man sehr kleine Quantitäten Wasser anwendet.

Vierter Versuch. — Man sieht aus den eben angeführten Versuchen, daß das Wasser bei 171° in den sphäroidalen Zustand übergehen kann. Es war nun interessant zu versuchen, ob für andere Körper diese Temperatur der ihres Siedepunktes proportional wäre, und ich habe erkannt, daß sich dies für absoluten Alkohol und Aether in der That so verhält. Ich konnte beide in den sphäroidalen Zustand versetzen, jenen bei 134°, diesen bei 61°.

Fünfter Versuch. — Die wasserfreie schweflige Säure scheint nicht demselben Gesetze unterworfen zu sein. Die Schwierigkeiten, welche der Behandlung dieses Körpers entgegenstehen, gestatteten mir nicht, genau den niedrigsten Temperaturgrad festzustellen, bei welchem derselbe in den sphäroidalen Zustand überzugehen vermag. Ich weiß nur, daß dies bedeutend unter 100° stattfindet; denn wenn man eine große Schale in ein Gefäß mit siedendem Wasser setzt, so ist es leicht, die schwefelige Säure, selbst in großen Massen (mehre Gramm) in den sphäroidalen Zustand überzuführen; sie zieht dabei begierig Wasser an und macht den absorbirten Dampf gefrieren. Endlich behält man in der Schale einen Eiskern von äußerst niedriger Temperatur.

Das Gefrieren von Wasserdampf innerhalb siedenden Wassers war etwas Neues und Unerwartetes.[1]

Es ist wahrscheinlich, daß die Dichtigkeit der schwefligen Säure einigen Einfluß auf die zum Eintritte des sphäroidalen Zustandes erfoderliche Temperatur ausübt. Dieser Punkt wird der Gegenstand neuer Untersuchungen sein.

---

[1] Später angestellte Versuche haben mir gezeigt, daß die zum Uebergange der schwefligen Säure in den sphäroidalen Zustand nöthige Temperatur zwischen + 35° und + 40° liegt.

Aber, mit Vorbehalt einiger Ausnahmen, welche die zur Flüssigkeit verdichteten Gase zeigen, wird man als Princip annehmen können, daß zur Ueberführung der Körper in den sphäroidalen Zustand eine um so höhere Temperatur erfoderlich ist, je höher ihr Siedepunkt liegt. Baudrimont hat gleichzeitig mit mir diese Beobachtung gemacht.

Sechster Versuch. — Man gibt verdünnte Schwefelsäure in eine Platinschale, die eben hinreichend erhitzt ist, um das Gemisch in den sphäroidalen Zustand überzuführen. Man fügt fortwährend soviel von der Säure hinzu, daß das Volumen des Sphäroids sich nicht ändert. Die Säure concentrirt sich mehr und mehr, indem nur Wasser verdampft, und endlich reicht die Temperatur des Gefäßes nicht mehr hin, eine Mischung im sphäroidalen Zustande zu erhalten, deren Siedepunkt unaufhörlich steigt; so tritt ein Moment ein, wo die Flüssigkeit die Schale benetzt und heftig siedet.

Dieser Versuch bestätigt das Gesetz, welches ich beim vorhergehenden Versuche ausgesprochen habe.

Die feste Kohlensäure bestätigt es ebenfalls auf eine sehr klare und ansprechende Weise.

Der Siedepunkt der Kohlensäure ist nicht genau bekannt, aber man vermuthet, daß er ungefähr bei — 80° liege, und ich gebe zu, daß dem so ist. Wenn dies der Fall ist, so begreift man, daß die Kohlensäure in den sphäroidalen Zustand übergehen, d. h. zurückgestoßen werden muß von der Oberfläche aller Körper, welche die Temperatur unsers Klimas haben, und in einem viel stärkern Grade von denen, welche eine höhere Temperatur besitzen. Dies tritt nun genau ein, wenn man ein kleines Stück fester Kohlensäure auf die Hand legt; es findet keine Berührung statt und kaum hat man eine Empfindung von Kälte.

Aber wenn man die Säure mit Aether mischt und auf die Hand bringt, so ist eine tiefe Brandwunde die unmittelbare Folge dieses gefährlichen Versuchs.

Die Erklärung ist folgende: Zwischen dem Aether, welchen man der Kohlensäure hinzufügt, und diesem Körper stellt sich das Gleichgewicht der Temperatur her; aber da der Aether zum mindesten eine Temperatur von + 60° verlangt, um in den sphäroidalen Zustand überzugehen, und die Körperwärme des Menschen nur ungefähr + 39° beträgt, so folgt daraus, daß zwischen dem Aether, welcher die Temperatur der Kohlensäure hat, und der Hand sofort eine Berührung stattfindet und daher die Brandwunde durch augenblickliche Wärmeentziehung.

Diese Erklärung der Einwirkung eines Gemenges von Kohlensäure und Aether, welche ich ohne Rückhalt adoptire, rührt von meinem Freunde Renard her.

§. Welches ist das Gesetz der Verdampfung des Wassers im sphäroidalen Zustande?

Klaproth, welcher das Gesetz der Verdampfung von Wasser, welches auf eine glühende Oberfläche geworfen worden, gesucht hat, fand, daß diese Erscheinung um so schneller vonstatten gehe, je kälter das Metall sei. Er verfuhr dabei folgendermaßen: Er erhitzte einen polirten eisernen Löffel zur Weißglut, nahm ihn vom Feuer und warf einen Tropfen Wasser hinein. Die Verdampfung dauerte

beim ersten Tropfen	. . .	40 Secunden.
= 2. =	. . .	20 =
= 3. =	. . .	6 =
= 4. =	. . .	4 =
= 5. =	. . .	2 =
= 6. =	. . .	0 =

Die Resultate können nicht in Zweifel gezogen werden, da sie von Klaproth bekannt gemacht worden sind; auch sind sie von den meisten Physikern wieder angeführt. Man wird indessen sehen, daß sie vollkommen auf Irrthum beruhen, und daß die Verdampfung um so schneller erfolgt, je heißer das Metall ist.

Man begreift schwer, wie einem so ausgezeichneten Forscher ein solcher Irrthum möglich war. Soll man annehmen, daß er sich in diesem Falle nicht dem Einflusse einer vorgefaßten Meinung entziehen konnte? daß seine Ansicht von vornherein feststand? daß er seine Versuche nicht selbst angestellt hat? In allen Fällen ist der Irrthum höchst beklagenswerth, denn er berechtigt zu Zweifeln an einer Menge anderer, in den Lehrbüchern ohne vorhergegangene Untersuchung aufgenommener Resultate. Wie dem nun sei, wir müssen das Gegentheil der Klaproth'schen Ansicht festhalten, und ich stimme vollkommen mit de Saussure überein, der in diesen Untersuchungen ein Vorgänger von Klaproth war. Die Verdampfungszeiten, welche derselbe erhielt, sind mindestens eigenthümlich und bemerkenswerth.

Siebenter Versuch. — Die Versuche, die nun folgen, wurden in derselben Schale angestellt, die zum zweiten Versuche gedient hat. Dieselbe wurde bis zur bestimmten Temperatur erhitzt, man ließ mittels einer Pipette 0,10 Gramm Wasser hineinfallen und notirte die Zeit, welche bis zum Verschwinden des Tropfens verstrich.

Die Schale auf 200° erhitzt; das Wasser verdampft

A in 3	Minuten	7	Secunden	
B in 3	=	2	=	
C in 4	=	12	=	
Mittel 3	Minuten	27	Secunden.	

Achter Versuch. — Die Schale auf 400° erhitzt; das Wasser verdampft

A in 1	Minute	32	Secunden
B in 1	=	28	=
C in 1	=	32	=
Mittel 1	Minute	31	Secunden.

Neunter Versuch. — Die Schale zur dunkeln Rothglut erhitzt; das Wasser verdampft

A in 1	Minute	12	Secunden
B in 1	=	12	=
C in 1	=	15	=
Mittel 1	Minute	13	Secunden.

Zehnter Versuch. — Die Schale zur lebhaften Rothglut erhitzt; das Wasser verdampft

A in 0	Minuten	50	Secunden
B in 0	=	51	=
C in 0	=	49	=
Mittel 0	Minuten	50	Secunden.

Dieselbe Quantität Wasser, 0,10 Gramm, verdampft beim Sieden in 4 Secunden, woraus folgt, daß die Verdampfung des Wassers im sphäroidalen Zustande in einer auf 200° erhitzten Schale 50 mal langsamer erfolgt als beim Sieden unter normalem Luftdruck.

Aber alle diese Resultate können innerhalb gewisser Grenzen variiren, je nach dem Feuchtigkeitsgrade der Luft, dem Barometerstande und dem mehr oder weniger heftigen Luftzuge, der an dem Orte des Experiments stattfindet; ferner je nach der Form, Glätte und Capacität der Schalen, der Dicke ihrer Wandungen u. s. w.

Die angegebenen Resultate differiren sonach, wie schon erwähnt, vollständig von den durch Klaproth mitgetheilten. Es lag die Möglichkeit vor, daß diese entschiedene Abweichung vielleicht in der verschiedenen Natur der angewandten Gefäße begründet sein mochte. Das Eisen oxydirt sich bei hoher Temperatur und das anhaftende Oxyd konnte wol die Genauigkeit der Resultate beeinträchtigen. Es waren

sonach Versuche nothwendig, um dies zu entscheiden, und die folgenden wurden zu diesem Zwecke unternommen.

In einem gußeisernen Cylinder von 0,057 Meter Höhe und 0,076 Meter Durchmesser war ein Kugelsegment ausgehöhlt von 0,028 Meter Tiefe und 57 Kubikcentimeter Inhalt. Derselbe wurde zur lebhaften Rothglut gebracht, dann vom Feuer genommen und vor jedem Versuche mittels einer Bürste von Eisendraht sorgfältig gereinigt; dann ließ man aus einer Pipette eine gemessene Menge Wasser = 0,32 Gramm hineinfallen.

Elfter Versuch. —

A	das Wasser verdampft in	0	Minuten	55	Secunden
B	= = = =	0	=	59	=
C	= = = =	1	=	2	=
D	= = = =	1	=	14	=
E	= = = =	1	=	21	=
F	= = = =	1	=	45	=
G	= = = =	1	=	50	=
H	= = = =	2	=	1	=
I	= = = =	2	=	16	=

K Der Versuch fiel weg, da das Wasser die Metallfläche benetzte.

Also bestätigen diese letzten Versuche die Resultate, welche mir die frühern gegeben haben, und so halte ich es für positiv erwiesen, daß die Verdampfung des Wassers im sphäroidalen Zustande um so schneller erfolgt, je stärker das Gefäß erhitzt ist.

§. 3. Welches ist die Temperatur der Körper im sphäroidalen Zustande und ihres Dampfes?

Für Wasser liegt diese Temperatur nach Laurent[1], Le Grand, von Kramer und Belli[2] nahe bei + 100°; nach Peltier[3] zwischen 77° und 80°, nach Baudrimont[4] zwischen 36° und 50°.

Aus meinen Versuchen geht hervor, daß sie zwischen 96° und 98° liegt, indeß bin ich geneigt anzunehmen, daß sie wirklich 96,5° ist, und daß die Schwankungen des Thermometers zeitweiligen Dampfstößen

[1] Annales de chimie et de physique, 1836, LXII, 327.

[2] Giornale dell' I. R. instituto Lombardo di scienze, lettere ed arti, e Biblioteca italiana, 1844, S. 192 fg.

[3] Archives de l'électricité, Supplément à la Bibliothèque universelle de Génève, 1844.

[4] Annales de chimie et de physique, LXI, 319.

zuzuschreiben sind, welche das Sphäroid dann und wann durchsetzten. Ich habe es auf verschiedene Weise versucht, diese Temperatur zu messen; aber nur einmal ist es mir vollständig gelungen, und möge dieser Fall auch der einzige sein, welchen ich beschreiben will. Ich verfuhr dabei folgendermaßen.

Zwölfter Versuch. — Eine halbkugelförmige Silberschale von 0,043 Meter Durchmesser, 45 Gramm schwer und 23 Kubikcentimeter Inhalt wurde über der Flamme einer guten Aeolipyle mit verticalem Blasrohr erhitzt. Sobald sie rothglühend war, goß man mit Vorsicht 12—15 Gramm destillirtes Wasser hinein und senkte in dasselbe die Kugel eines zu diesem Versuche construirten Thermometers. (Fig. 2.) Das Quecksilber stieg stets bis 96,5°, oft auch bis 100°, einige male bis 102°. Das Wasser kochte nicht, aber es wurde durch Dampfblasen, welche sich nur schwer zwischen der Wand der Schale und dem Tropfen entwickeln konnten, durchbrochen; diese berührten die Thermometerkugel und veranlaßten ein Steigen über den Siedepunkt des Wassers. Eine andere Fehlerquelle war die erhöhte Temperatur des Mittels, in dem sich die Thermometerröhre befand. Man wird weiter unten sehen, daß das Gleichgewicht der Wärme sich nicht zwischen dem Wasser und der erhitzten Oberfläche, hingegen immer zwischen dem Dampf und dieser Oberfläche herstellt.

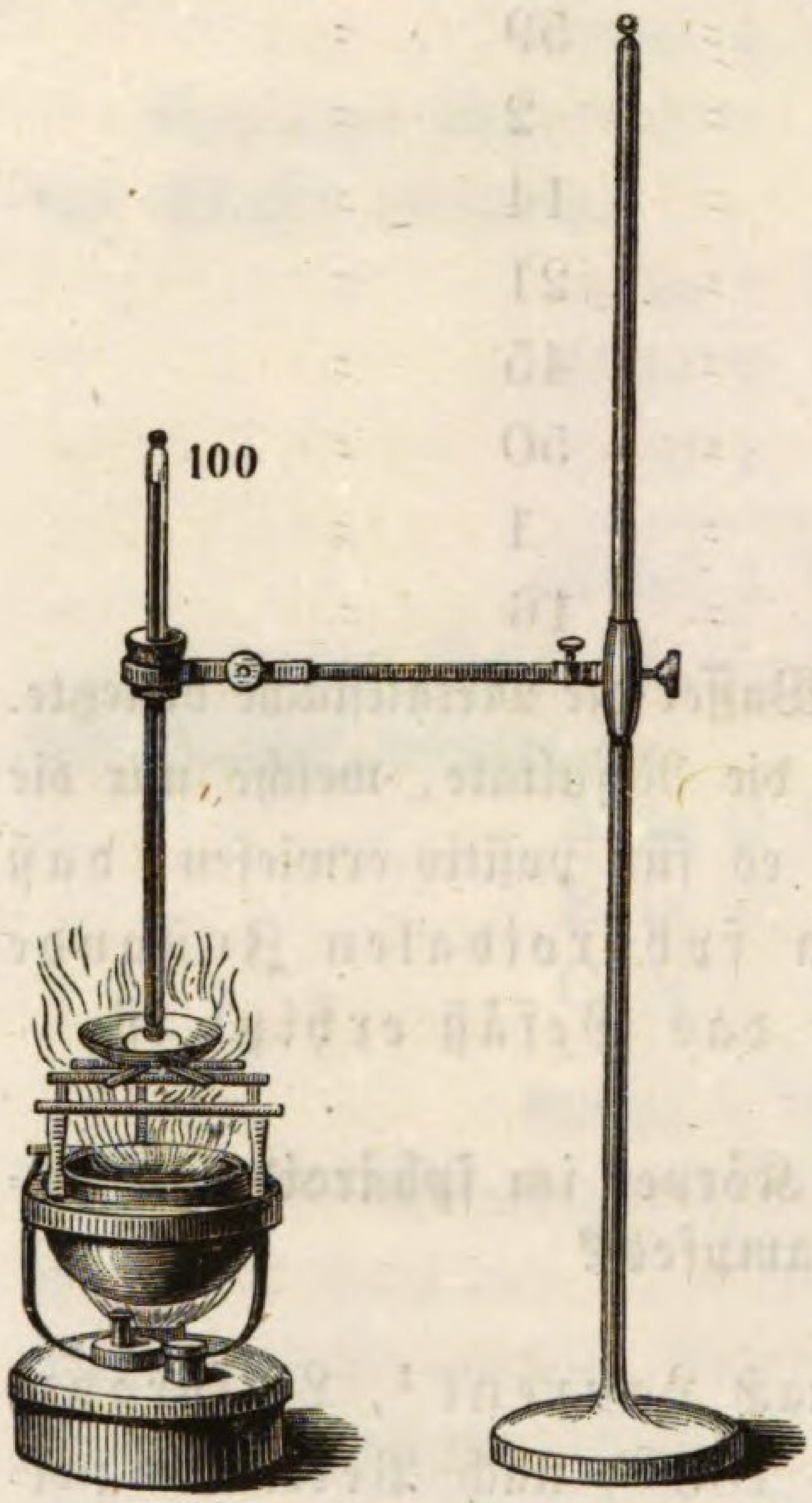


Fig. 2.

Als das Thermometer die Temperatur zwischen 96° und 102° zeigte, wurde die Flamme der Aeolipyle ausgelöscht. Jetzt ist die Dampfentwickelung weniger beträchtlich und geschieht mit Leichtigkeit an der Wand der Schale; das Thermometer fällt schnell bis auf 96,5° und bleibt constant auf diesem Punkte, solange sich das Wasser im sphäroidalen Zustande befindet. Sobald es jedoch seinen Zustand ändert, und die Schale ist noch heiß genug, um es zum Sieden zu bringen, was fast immer der Fall ist, steigt das Thermometer auf 100°, um alsbald nach den Gesetzen der Abkühlung zu sinken.

Es wären nun wol hier einige Correctionen anzubringen, für den

Fall, daß die Thermometerröhre isolirt wäre; allein man kann sich durch das Gefühl versichern, daß ihre Temperatur der des Wassers, in welches die Kugel taucht, sehr nahe steht. Die Correctionen sind daher überflüssig, da sie verschwindend klein ausfallen müßten.

Dieses Experiment habe ich vielfach wiederholt und variirt, und ich bin der Ansicht, daß die übrigen Körper im sphäroidalen Zustande, sowie das Wasser, constant eine niedrigere Temperatur besitzen als die, bei der sie sieden; zahlreiche Versuche haben mich überzeugt, daß dies für den absoluten Alkohol, den Aether und die wasserfreie schweflige Säure in der That der Fall ist.

Es ergaben sich für den sphäroidalen Zustand folgende Temperaturen:

Absoluter Alkohol . . .	+ 75,05°
Aether	+ 34,25°
Aethylchlorür	+ 10,05°
Schweflige Säure . . .	— 10,05°.

Ich glaube, daß sich aus diesen Beobachtungen folgendes Gesetz ableiten läßt: Die Temperatur der Körper im sphäroidalen Zustande, wie hoch auch immer die des sie umgebenden Gefäßes sein möge, ist unveränderlich und liegt stets niedriger als ihr Siedepunkt; sie ist demselben proportional und für Wasser = 96,5°.

Ich muß darauf aufmerksam machen, daß man für die letzten vier Versuche die Schale nicht so sehr erhitzen darf als bei Wasser. Dies ist nicht nöthig und eine hohe Temperatur bringt die Unannehmlichkeit mit sich, daß die brennbaren Körper mit Flamme brennen. Ich sage mit Flamme, denn sie brennen bei diesen Versuchen stets ohne Flamme, wovon man sich überzeugen kann, wenn man im Dunkeln arbeitet. Die Producte der Verbrennung bestehen für Alkohol, Holzgeist und Aether in Wasser, Aldehyd und einer starken Säure. Alle diese Producte werden der Gegenstand einer ausführlichen Untersuchung im zweiten Theile dieses Werkes sein.

Wenn man mit Aether operirt, so beobachtet man unter sehr selten eintretenden, mir bisjetzt noch unbekannten Bedingungen eine äußerst glänzende Lichterscheinung, welche an die Verbrennung der Kohle in Sauerstoff erinnert. Ich wiederhole, daß das Phänomen höchst selten eintritt, und daß ich die Umstände, die seine Entstehung begünstigen, nicht kenne. Es ist mir gelungen, dasselbe vor den Augen mehrer Physiker und Chemiker hervorzubringen, von denen ich Ballard, Becquerel, Despretz, Dumas, Payen, Peligot nenne.

Der zwölfte Versuch, sehr oft wiederholt, hat stets, auf 760 Millimeter Luftdruck reducirt, dasselbe Resultat ergeben, und ich hatte mich dafür entschieden, + 96,5° als die Temperatur des Wassers im sphäroidalen Zustand anzunehmen. Indessen erregte ein Versuch der Herren von Kramer und Belli, den ich alsbald beschreiben will, von neuem Zweifel in mir und nöthigte mich, neue Untersuchungen zu beginnen, um die Temperatur des Wassers im sphäroidalen Zustand herzustellen, welche sich mit der Person der Experimentatoren zu ändern und ihrer Bemühungen zu spotten scheint. Jeder, der die Sorgfalt und Strenge der oben genannten Gelehrten kennt, wird durch meinen Entschluß nicht überrascht sein. Eine durch die Herren von Kramer und Belli veröffentlichte Thatsache ist keine von denen, die man übersieht.

Dreizehnter Versuch. — Man nimmt einen an den Enden abgerundeten kupfernen Trog, 20 Centimeter lang, 3 Centimeter breit und 2 Centimeter tief, mit 2 Millimeter starken Wänden, setzt ihn vollkommen horizontal derart auf zwei Stützen, daß er mittels zweier guten Aeolipylen mit verticalem Blasrohr bequem erhitzt werden kann. Ein sehr empfindliches Thermometer mit cylindrischem Quecksilbergefäß hängt an zwei feinen Silberdrähten in den Trog, 3 Millimeter vom Boden entfernt. Jetzt erhitzt man das Gefäß zur Rothglut und gießt destillirtes Wasser hinein, welches in den sphäroidalen Zustand übergeht und die Form eines Cylinders annimmt. Man senkt das Thermometer völlig in die Flüssigkeit und liest die Temperatur ab. Sie ist zwischen 96° und 97° = 96,5°.

Die Dimensionen des Thermometers waren folgende:

Länge der Röhre	0,148 Meter
„ des Quecksilbercylinders . . .	0,012 „
Durchmesser der Röhre	0,0025 „
„ des Quecksilbergefäßes .	0,003 „
Gewicht des Instruments	4,50 Gramm.

Die Scala beginnt mit dem Nullpunkt und reicht bis + 105°.

Um über diesen Punkt abzuschließen, füge ich noch hinzu, daß das in Rede stehende Thermometer von Collardeau, dessen ausgezeichnete Instrumente allbekannt sind, angefertigt worden ist und seinem Verfertiger Ehre macht.

Wenn man den oben erwähnten Trog in gehöriger Weise vorrichtete, könnte man eine vollkommen ebene, äußerst empfindliche Wasserfläche im sphäroidalen Zustande herstellen.

Folgendes ist der Versuch der Herren von Kramer und Belli:

„Um die von Boutigny angegebene Temperatur zu verificiren, haben wir, Herr von Kramer und ich, am 2. Sept. 1844 folgenden Versuch gemacht. Nachdem ein großer Wassertropfen in einer kleinen Platinschale in den sphäroidalen Zustand übergeführt war, versenkte man in denselben die Kugel eines Quecksilberthermometers, dessen Röhre durch ein dünnes Glimmerblättchen reichte, welches breit genug war, um die Schale vollständig zu bedecken. Während der eine Beobachter das Thermometer in die Flüssigkeit getaucht hielt und die Temperaturen notirte, erhob und senkte der andere mittels eines Yförmig gebogenen Metalldrahts das Glimmerblättchen, sodaß die Schale abwechselnd offen und bedeckt war. Jedesmal, wenn Ersteres stattfand, sah man das Thermometer um zwei, drei, ja mehre Grade unter die Temperatur sinken, welche es bei bedeckter Schale zeigte. Es fiel auf 77° R., wenn man das Glimmerblättchen erhob, und sobald man es senkte, stieg es schnell auf 80° und höher.“ [1]

Ich habe diesen Versuch wiederholt, und wie ich erwartete, ihn vollkommen richtig befunden; in der That ist er auch nur eine Bestätigung der von mir angekündigten Beobachtungen; denn es sind

77° R. fast genau = 96,5° C.

100 : 96,5 = 80 : 77,2.

Gehen wir zur Prüfung des Resultats über, welches bei bedeckter Schale erhalten wurde. Die Herren von Kramer und Belli sahen das Thermometer bis 80° und darüber steigen und zogen daraus den Schluß, daß die Temperatur des Wassers im sphäroidalen Zustande sehr nahe beim Siedepunkte (nur um wenige Zehntelgrade verschieden) gelegen sei.

Ich mache dagegen bemerklich, daß das Steigen des Thermometers, wenn die Schale durch das Glimmerblättchen bedeckt wurde, durchaus nichts Ueberraschendes haben kann; die Bedingungen, unter denen man experimentirt, sind nicht mehr dieselben. In den Bergwerken siedet das Wasser bei einer andern Temperatur als auf dem Montblanc; an den Polen ist es fest und beständig flüssig am Aequator, und ich erinnere daran, daß die Temperatur der Körper im sphäroidalen Zustand ihrem Siedepunkt proportional ist.

Auf der andern Seite darf man nicht aus dem Auge verlieren, daß die Herren von Kramer und Belli mit einer sehr geringen Quantität Wasser (mit einem großen Tropfen) gearbeitet haben, und daß

---

[1] Giornale dell' I. R. instituto Lombardo di scienze, lettere ed arti, e Biblioteca, italiana S. 236.

die Kugel ihres Thermometers recht wohl nicht vollständig eingetaucht gewesen sein, und infolge dessen die hohe Temperatur des Dampfes darauf eingewirkt haben kann. Man wird weiter unten sehen, daß das Gleichgewicht der Wärme sich zwischen den Körpern im sphäroidalen Zustand und ihrem Dampf nicht herstellt, und daß dasselbe Gefäß zu gleicher Zeit mehre Substanzen von sehr verschiedener Temperatur enthalten kann.

Wenn ich die beschriebenen Versuche mittels eines passenden Apparats im leeren Raume wiederholen werde, so erwarte ich andere Temperaturen zu finden, und der Grund davon ist sehr einfach: Die dem Experiment unterworfenen Körper befinden sich dann nicht mehr unter denselben Bedingungen und nicht mehr in demselben Mittel. Und dann darf man durchaus nicht vergessen, daß die Wärmemessung einer der schwierigsten Theile der Physik ist; es stehen ihr fast unbesiegbare Hindernisse entgegen seitdem man weiß, daß der Nullpunkt sich ändert. Diese von Bellani mitgetheilte Thatsache ist bestätigt worden, und man hat erkannt, daß sie sich zwischen viel weitern Grenzen zuträgt, als der italienische Gelehrte glaubte. Es geht aus den Beobachtungen von Despretz, welche älter als die Bellani'schen sind, hervor, daß die Verrückung des Nullpunktes durch auffallende Temperaturveränderungen bald in dem einen Sinne, bald im andern erfolgt. Nach Person würde die Verrückung sehr bedeutend sein können. Derselbe sah den Nullpunkt sich um 17° erheben! (Précis analytique de l'Académie de Rouen, 1845, S. 21.) Man ist daher des Resultats nie ganz sicher, wenn man die Temperatur eines Körpers im sphäroidalen Zustande bestimmt, und ein solches muß stets mit einigem Mistrauen entgegengenommen werden.

Was wir übrigens auch thun mögen, wir werden über diesen Punkt so gut wie über jeden andern niemals mehr erlangen als Approximationen; und wir bedürfen nicht mehr. Die Unvollkommenheit unserer Instrumente und die Quellen unsers Wissens werden sich stets der Erreichung der Wahrheit widersetzen; und wenn wir diese einmal durch Zufall gefunden, so würden wir es nicht wissen, denn es fehlt das Kriterium, sie zu erkennen.

In dem besondern Falle, der uns beschäftigt, genügt es zu wissen, daß die Körper im sphäroidalen Zustande sich stets auf einer niedrigern Temperatur befinden, als bei der sie sieden, und daß dieses Gesetz allgemeine Gültigkeit zu haben scheint.

Uebrigens hoffe ich, daß die Herren von Kramer und Belli mir die Discussion ihres Versuchs sowie die Nichtannahme ihrer Schluß-

folgerungen verzeihen werden. Es würde mir wehe thun, wenn dies nicht der Fall sein sollte, denn ich kann beiden Gelehrten meine volle Achtung nicht versagen.

Wasserfreie schweflige Säure.

Die Versuche, welche sich mit der wasserfreien schwefligen Säure anstellen lassen, sind so bemerkenswerth, und ihre Resultate so unerwartet, daß ich in dieser Beziehung auf einige Einzelheiten eingehen zu müssen glaube.

Das erste mal, als ich die Idee faßte, wasserfreie schweflige Säure in eine heiße Schale zu werfen, um sie im sphäroidalen Zustande zu studiren, war ich weit entfernt zu hoffen, daß es mir unmittelbar gelingen würde, und inzwischen erzielte ich gleich beim ersten Versuche das Gefrieren des Wassers. Und so empfand ich an diesem Tage eine jener Freuden des Laboratoriums, einen jener innigen Genüsse, die nur dem Physiker und Chemiker bekannt sind, welche mehr aus innerm Beruf als infolge ihrer Stellung ihr Leben der Erforschung der Wahrheit gewidmet haben.

Nachdem ich mir hundert Gramm trockener schwefliger Säuren bereitet hatte, führte ich folgende Versuchsreihe aus:

Vierzehnter Versuch. — Man erhitzt eine Platinschale zur Weißglut und wirft einige Gramm wasserfreier schwefliger Säure hinein. Wenn man den Hals des Ballons, der die Säure enthält, an der Stelle, die man mit der Hand faßt, beobachtet, so bemerkt man, daß sie lebhaft siedet; das Sieden hört jedoch augenblicklich auf, sobald die Säure sich in der Platinschale befindet, und nun bieten sich dem Auge des Beobachters alle die physikalischen Erscheinungen dar, welche das Wasser zeigt. Ihre Verdampfung geht mit einer unglaublichen Langsamkeit vonstatten und ohne irgendein Zeichen des Siedens. Wenn man in feuchter Luft arbeitet, so beginnt die Säure alsbald zu opalisiren und verliert mehr und mehr an Durchsichtigkeit; darauf wird sie fest und man erkennt mit Staunen, daß die erstarrte Masse fast gänzlich aus Wasser besteht. Das Resultat würde anders ausfallen, wenn man in trockener Luft experimentirte; in diesem Falle wird die Säure nicht fest und verflüchtigt sich ohne Rückstand.

Ehe ich zu einem andern Versuche übergehe, muß ich bemerken, daß siedende schweflige Säure sich in einer glühenden Schale abkühlt. Sie verhält sich genau so wie andere Körper; siedendes Wasser z. B., ebenso behandelt, sinkt unmittelbar auf 96,5°.

Funfzehnter Versuch. — Man gießt tropfenweise destillirtes Was-

ser in schweflige Säure im sphäroidalen Zustande; es gefriert momentan, selbst wenn die Schale weiß glüht.

Sechzehnter Versuch. — Man taucht etwa eine halbe Minute lang die Kugel eines kleinen Kölbchens, welches 1 Gramm destillirtes Wasser enthält, in schweflige Säure im sphäroidalen Zustande, zieht dasselbe schnell zurück und zerschlägt es; man findet eine kleine Kugel von Eis.

So sieht man also bei diesem Versuche zu gleicher Zeit und in demselben Gefäße das Gleichgewicht der Wärme sich augenblicklich zwischen dem Wasser und der schwefligen Säure, nicht aber zwischen dieser und der Schale herstellen.

Die Ursache dieser Erscheinung ist übrigens leicht zu begreifen; es genügt, sich an das Gesetz der Temperatur der Körper im sphäroidalen Zustande, welches weiter oben festgestellt worden ist, zu erinnern. (Siehe den zwölften Versuch.)

Sie liegt nicht, wie man wol auf den ersten Blick glauben möchte, in der Verdunstung der schwefligen Säure, denn diese erfolgt ja nur auf der Oberfläche, und das Gefrieren findet im Innern des Sphäroids statt; und übrigens weiß man, daß die Körper im sphäroidalen Zustande funfzig mal langsamer verdampfen als beim Sieden. (Siehe den zehnten Versuch.)

Einige Bemerkungen werden, wie ich glaube, am Orte sein, um zu verhindern, daß ein Irrthum, der unter dem Einflusse hochgestellter wissenschaftlicher Persönlichkeiten zur Geltung zu kommen strebt, sich verbreite und dann sehr schwer auszurotten sein möchte.

Man hat das Gefrieren des Wassers innerhalb der schwefligen Säure im sphäroidalen Zustande mit dem schönen Versuche von Bussy zusammenwerfen wollen, welcher, wie man weiß, darin besteht, daß man vorsichtig wasserfreie schweflige Säure auf Wasser wirft. Die Verdampfung der Säure ist so heftig und es wird eine so große Menge Wärme dadurch gebunden, daß das Gefrieren fast augenblicklich stattfindet. Das ist ein sehr merkwürdiges aber leicht zu erklärendes Resultat.

Durchaus analoge Beispiele sind noch folgende:

Man gießt sehr reinen Aether auf ein völlig mit Wasser gefülltes Glas und stellt dasselbe so, daß ein starker Luftzug die Oberfläche der Flüssigkeit bestreicht. Fehlt es an natürlichem Luftzuge, so kann man ihn künstlich durch ein Blasrohr hervorbringen, und der Erfolg ist ein gleicher. Eine große Wärmemenge wird in dem Aetherdampfe latent und das Wasser gefriert. Dieser Versuch gelingt gleich gut

mit Chloräthyl, und ohne Zweifel wird er mit allen leicht flüchtigen Körpern gelingen.

Man kann diese Versuche auf folgende Weise abändern. Man füllt eine Thermometerkugel mit Wasser und umgibt sie mit Baumwolle. Dann befeuchtet man dieselbe entweder mit schwefliger Säure, Aether oder Chloräthyl u. s. w., und in allen Fällen ist das Resultat stets dasselbe: Das Wasser in der Kugel wird gefrieren. Jetzt führe man schweflige Säure in den sphäroidalen Zustand über und tröpfle Wasser hinein; es wird sofort gefrieren und zwar aus folgenden Gründen:

Das Wasser kommt mit einem Körper in Berührung, dessen Temperatur = — 11° ist; es wird ihm ein Theil seiner Wärme entzogen, seine Temperatur sinkt, und sobald sie 0° erreicht hat, muß es gefrieren. Die Abkühlung des einen Körpers und die Erwärmung des andern dauert solange fort, bis sich ein Gleichgewicht zwischen beiden hergestellt hat, was fast augenblicklich stattfindet. Wollte man plötzlich eine größere Menge Wasser auf einmal hinzufügen, so würde die Säure zu sieden beginnen, und in diesem Falle wäre das Gefrieren des Wassers eine Wirkung zweier Ursachen, nämlich der Verdunstung der schwefligen Säure und der Temperatur derselben im sphäroidalen Zustande.

Mit einem Worte, die Bildung von Eis innerhalb der schwefligen Säure im sphäroidalen Zustande ist eine Erscheinung derselben Art, wie wenn man einige Tropfen Wasser in eine kleine, vorher auf — 11° abgekühlte Schale fallen läßt; das Gefrieren wird momentan erfolgen. Wird man nun in diesem Falle sagen, die Eisbildung träte infolge der Verdampfung der Schale ein? — Man kann darin nur eine Herstellung des Gleichgewichts der Wärme sehen. Die Temperatur des Wassers erniedrigt, die der Schale erhöht sich, genau sowie bei den Versuchen mit der schwefligen Säure.[1]

Ein noch gewöhnlicherer Versuch möge hier Platz finden. Man setze an einem sehr kalten Wintertage eine leere Flasche etwa eine Stunde lang der kalten Luft aus und bringe sie in ein warmes Zimmer, in dem sich mehre Personen befinden. Sofort bedeckt sich die Flasche innerhalb und außerhalb infolge des in der Zimmerluft enthaltenen Wasserdampfes mit einem dichten Ueberzuge von Reif. Nie-

[1] Belli sagt über diese Versuche: „— Derivano alcuni fatti del tutto inaspettati e quasi incredibili.“ (Giornale dell' I. R. Instituto Lombardo etc., S. 201.)

manchem wird es einfallen, zu sagen, diese Eisbildung sei eine Folge der Verdampfung des Glases. Auch hier liegt einfach eine Wärmeausgleichung zugrunde.

Wir haben weiter oben gesehen, daß sich das Wasser in einer Thermometerkugel in Eis verwandelt, wenn man sie außerhalb mit schwefliger Säure, Aether oder Aethylchlorür befeuchtet. Ebenso gefror das Wasser, wenn man es in schweflige Säure im sphäroidalen Zustande goß.

Man versetze nun nacheinander Aether und Aethylchlorür in den sphäroidalen Zustand, werfe einige Tropfen Wasser hinein und beobachte den Erfolg. Es wird keine Eisbildung stattfinden. Und dennoch geht die Verdampfung gerade so schnell vor sich wie bei der schwefligen Säure. Das Gefrieren erfolgt nur aus dem Grunde nicht, weil der Aether und das Aethylchlorür eine höhere Temperatur als 0° haben.

Man sieht somit, daß die Umwandlung des Wassers in Eis in dem vorher beschriebenen Versuche ganz in Uebereinstimmung mit dem Gesetze der Temperatur der Körper im sphäroidalen Zustande stattfindet, welches im zwölften Versuche festgestellt worden ist, und ich glaube zu dem Ausspruche berechtigt zu sein, daß dies eine von jetzt ab der Wissenschaft zugehörige Thatsache ist.

Diejenigen, welche eine wohl zu billigende Wißbegier treibt, Alles zu erklären, fragen sich vielleicht, warum die schweflige Säure in einem glühenden Gefäße kalt bleibt. Vielleicht, wird ihre Antwort lauten, infolge der Verdampfung; aber ich denke, daß sie sich darin täuschen. Wir haben vorher gesehen, daß das Wasser im sphäroidalen Zustande in einer 200° heißen Schale 50 mal weniger Dampf ausgibt als beim Sieden, oder, was Dasselbe, daß es 50 mal langsamer verdampft. Wenden wir diese Thatsache auf die schweflige Säure an, so müssen wir sagen: es ist eben eine Eigenschaft der schwefligen Säure, in glühenden Gefäßen die Temperatur ihres Siedepunkts nicht zu erreichen, und weil dem so ist, gibt sie wenig Dampf und verflüchtigt sich langsam. Kurz, nicht weil die Säure wenig Dampf entwickelt, kommt sie nicht zum Sieden, sondern weil sie nicht siedet, deshalb gibt sie wenig Dampf.

In dem theoretischen Theile des Werks werde ich mit Herbeiziehung der Molecularwirkungen zu zeigen versuchen, daß die Ursache dieser Erscheinung uns unbekannt ist und es vielleicht ewig bleiben wird. Für jetzt können wir keine andere Erklärung geben, als indem

wir sagen: es ist eine Eigenschaft der Materie, d. h. eine Wirkung, deren Ursache unbekannt ist.

Der berühmte Robiquet täuschte sich nicht, wenn er in seinem Bericht an die Akademie sagte: „Diese Phänomene verdienen die ernsteste Beachtung und ihr Studium verspricht bedeutungsvolle Resultate.[1]

Berechtigen mich die vorangegangenen Versuche, besonders der vierzehnte, nicht zu dem Glauben, daß die feste Kohlensäure Thilorier's nichts Anderes als wasserhaltige Kohlensäure sei, und daß man diese Säure bisjetzt nur im gasförmigen und sphäroidalen Zustande gesehen habe? Die Analogie ist überraschend. Uebrigens beabsichtige ich, den genannten Körper, wie auch das Chlor, das Ammonium, das Cyan u. s. w. von diesem Gesichtspunkte aus zu studiren.

Wir wissen schon, daß die feste Kohlensäure, wenn sie in einen glühenden Tiegel geworfen wird, sich gerade so wie die (wasserhaltige) schweflige Säure verhält; sie bewegt sich auf der Oberfläche der Schale, ohne zu explodiren, und man bemerkt nicht, daß sie sich in diesem Zustande schneller verflüchtige als an freier Luft. (Dumas.)

Der zuletzt beschriebene (sechzehnte) Versuch, bei welchem ich länger verweilt habe, kann auf folgende Weise abgeändert werden: 5 Millimeter oberhalb der kleinen, das zum Gefrieren bestimmte Wasser enthaltenden Kugel bläst man eine zweite, welche man, wie auch das zwischen beiden befindliche Röhrenstück in gleicher Weise mit Wasser füllt. Nun taucht man die untere Kugel in sphäroidale schweflige Säure. Das Wasser darin wird gefrieren, wie man bereits gesehen hat, und das, welches in der zweiten Kugel enthalten ist, beginnt alsbald zu sieden. So hat man also zu gleicher Zeit innerhalb desselben Gefäßes vier äußerst verschiedene Temperaturen:

Die Temperatur der Schale . . . . = + 1500° (?)
" " der SO_2 . . . . = — 11°
" " des eingetauchten Wassers . . . = — 11°
" " des Wassers in der zweiten Kugel = + 100°
" " des Wassers und des Dampfes = Mittel aus allen übrigen Temperaturen.

Siebzehnter Versuch. — Man heizt einen Muffelofen bis zur Weißglut, macht eine Platinschale glühend, gießt einige Gramm was-

[1] Compte rendu hebdom. des séances de l'Acad. des sciences, séance du 9 mars 1840.

serfreie schweflige Säure hinein und setzt dieselbe auf den Boden der Muffel, die man bis auf eine geringe Oeffnung verschließt, um den Versuch beobachten zu können und die Bewegung der Luft nicht zu hemmen. Bei trockener Atmosphäre verdampft die Säure langsam, ohne zu sieden, genau wie in freier Luft, obgleich sie einer außerordentlich hohen Temperatur und der Einwirkung der Wärmestrahlen ausgesetzt ist, welche sich nach allen Richtungen kreuzen. Bei feuchter Luft jedoch verwandelt sich das hygroskopische Wasser alsbald in der schwefligen Säure auf dem Boden der Muffel in Eis, und endlich bleibt in der Schale ein kleiner Eiskern von sehr bedeutender Kälte zurück.

Bei öffentlichen Vorlesungen, wo man nicht auf die Condensation des Wasserdampfes der Luft warten kann, tröpfelt man in die Sphäroide der schwefligen Säure ein wenig Wasser, welches sich sofort in Eis verwandelt. Die Schale muß sogleich aus der Muffel entfernt und ihr Inhalt auf die Hand geschüttet werden; man erhält ein kleines Eisstück von schwefliger Säure durchdrungen.

Das Resultat dieses Versuchs erweckte im Jahre 1841 die Idee in mir, denselben statt mit schwefliger Säure mit Kohlensäure zu wiederholen, indem ich erwartete, auf diese Weise in einer glühenden Schale das Gefrieren des Quecksilbers beobachten zu können.

Ich nahm darüber mit Herrn Lesueur, dem Chef des chemischen Laboratoriums bei der medicinischen Facultät, Rücksprache und wir hielten bei Orfila gemeinschaftlich um die Erlaubniß zur Benutzung des Thilorier'schen Apparats an; doch Orfila verweigerte uns dies entschieden infolge eines Humanitätsgefühls, welches wir durchaus billigen mußten und auch heute noch billigen, obgleich wir dadurch der Ehre beraubt wurden, einen der schönsten Versuche der neuern Physik zuerst ausgeführt zu haben. Man erinnert sich, daß, wenige Tage vor unserm Gesuch, der junge Harvy ein Opfer der Explosion des Thilorier'schen Apparats geworden war, und dieses unglückliche Ereigniß war der Grund von Orfila's Weigerung.

Ich mußte sonach diesen Versuch auf unbestimmte Zeit verschieben und inzwischen ist er in England mit vollem Erfolg durch Faraday ausgeführt worden. Der Brief, welchen dieser berühmte Physiker mir die Ehre erwiesen hat, über den Gegenstand zu schreiben, ist vom 28. Dec. 1848 datirt. Ich habe davon einen Auszug in den Annales de chimie (März 1847) veröffentlicht, den ich hier wörtlich wiedergebe:

„.... Ich habe einen Versuch ausgeführt, welcher sich nicht in Ihrem Werke befindet, obgleich darin einer erwähnt ist, welcher ihm nahekommt und der von Dumas angestellt wurde; derselbe ist auf S. 102 beschrieben. Es ist mir gelungen, mit Hülfe des sphäroidalen Zustandes Quecksilber in einer rothglühenden Schale sehr leicht zum Gefrieren zu bringen. Ich machte zuerst eine Platinschale glühend und erhielt sie auf dieser Temperatur; darauf brachte ich Aether in dieselbe und Kohlensäure und tauchte endlich in dieses Gemisch, welches sich im sphäroidalen Zustande befand, ein metallenes Gefäß, das ungefähr 31 Gramm Quecksilber enthielt. Nach Verlauf von zwei oder drei Secunden war letzteres gefroren. Es schien sehr befremdend, daß Quecksilber innerhalb einer rothglühenden Schale fest werden konnte.“ (S. den sechsten Versuch.)

Ich würde sicherlich nichts davon erwähnt haben, daß die Idee des Faraday'schen Versuchs vor mir gefaßt und das Resultat vorhergesehen worden ist, wenn nicht Orfila aus freiem Antriebe die Ehre dieses Versuchs für Frankreich in Anspruch genommen hätte. Es geschah dies in einer seiner Vorlesungen an der École de médecine (Januar 1848) und ich erhielt davon nur durch seine Zuhörer, besonders durch Herrn von Letour, Kenntniß. Orfila hat bei dieser Gelegenheit einen neuen Beweis seines Gerechtigkeitsgefühls und seines Patriotismus gegeben.

Ich bin überzeugt, daß der berühmte Nachfolger eines Davy das Gefühl, welches eine solche Handlung veranlaßte, vollkommen billigen wird.

Achtzehnter Versuch. — Der vorhergehende Versuch ist kaum glaublich. Der jetzt zu beschreibende ist es noch weniger. Man legt auf den Teller einer Luftpumpe ein Stück eines Ziegelsteins so, daß es die Saugöffnung nicht verschließen kann. Ringsum denselben schüttet man eine Schicht Bleisuperoxyd darauf, welches dazu bestimmt ist, die schweflige Säure zu absorbiren. Nachdem Alles so vorgerichtet ist, macht man einen zweiten Ziegelstein rothglühend, welchen man vorher so ausgehöhlt hat, daß eine Schale hineinpaßt. Man setzt diese in die Höhlung, gießt einige Gramm wasserfreie schweflige Säure hinein, stellt Alles auf den kalten Stein und bedeckt den Teller mit dem Recipienten, den man so schnell als irgend möglich auspumpt. (Fig. 3 a. f. S.)

Die schweflige Säure, welche, im gewöhnlichen Zustande unter die Luftpumpe gebracht, fast hätte explodiren müssen, siedet jetzt nicht und verdampft mit derselben Langsamkeit, wie in einer weiß-

glühenden Schale oder in der heißen Muffel, und wenn man in feuchter Luft arbeitet, so erstarrt, was bemerkenswerth ist, die geringe, im Recipienten enthaltene und von der Säure absorbirte Menge Wasserdampf innerhalb des Sphäroids und macht dasselbe opalisirend.

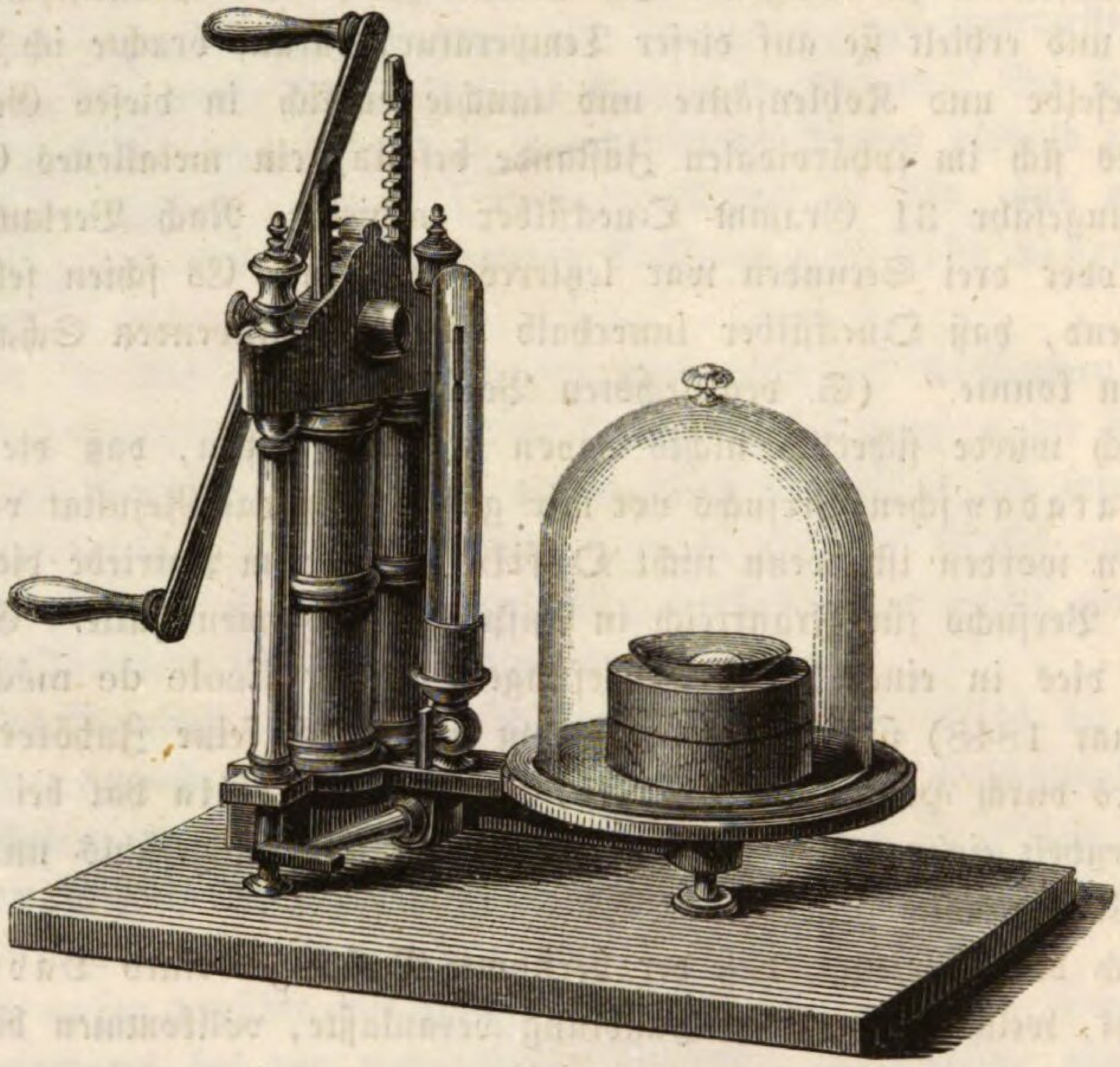


Fig. 3.

Aether, Alkohol und Wasser verhalten sich im leeren Raume genau wie die schweflige Säure.

Diese Versuche eröffnen, wie man sieht, dem Forscher ein weites Feld der Untersuchung.

Jetzt, da die Temperatur der Körper im sphäroidalen Zustande bekannt ist, soll die ihres Dampfes untersucht werden.

Neunzehnter Versuch. — Ein kugelförmiger kupferner Ballon von 250 Kubikcentimeter Inhalt wird mittels eines Trägers über der Spirituslampe mit doppeltem Luftzuge befestigt. Sobald er rothglühend ist, läßt man durch eine Pipette 10—15 Gramm destillirtes Wasser hineinfallen, welches sofort in den sphäroidalen Zustand übergeht. Dann senkt man in den Ballon ein vorher passend aufgestelltes Thermometer soweit ein, daß es dem Wasser möglichst nahekommt, ohne dasselbe zu berühren, und beobachtet die Quecksilbersäule. Man

sieht sie schnell auf 150, 200, 300 Grad steigen und darüber, je nach der Intensität der Flamme. (Fig. 4.)

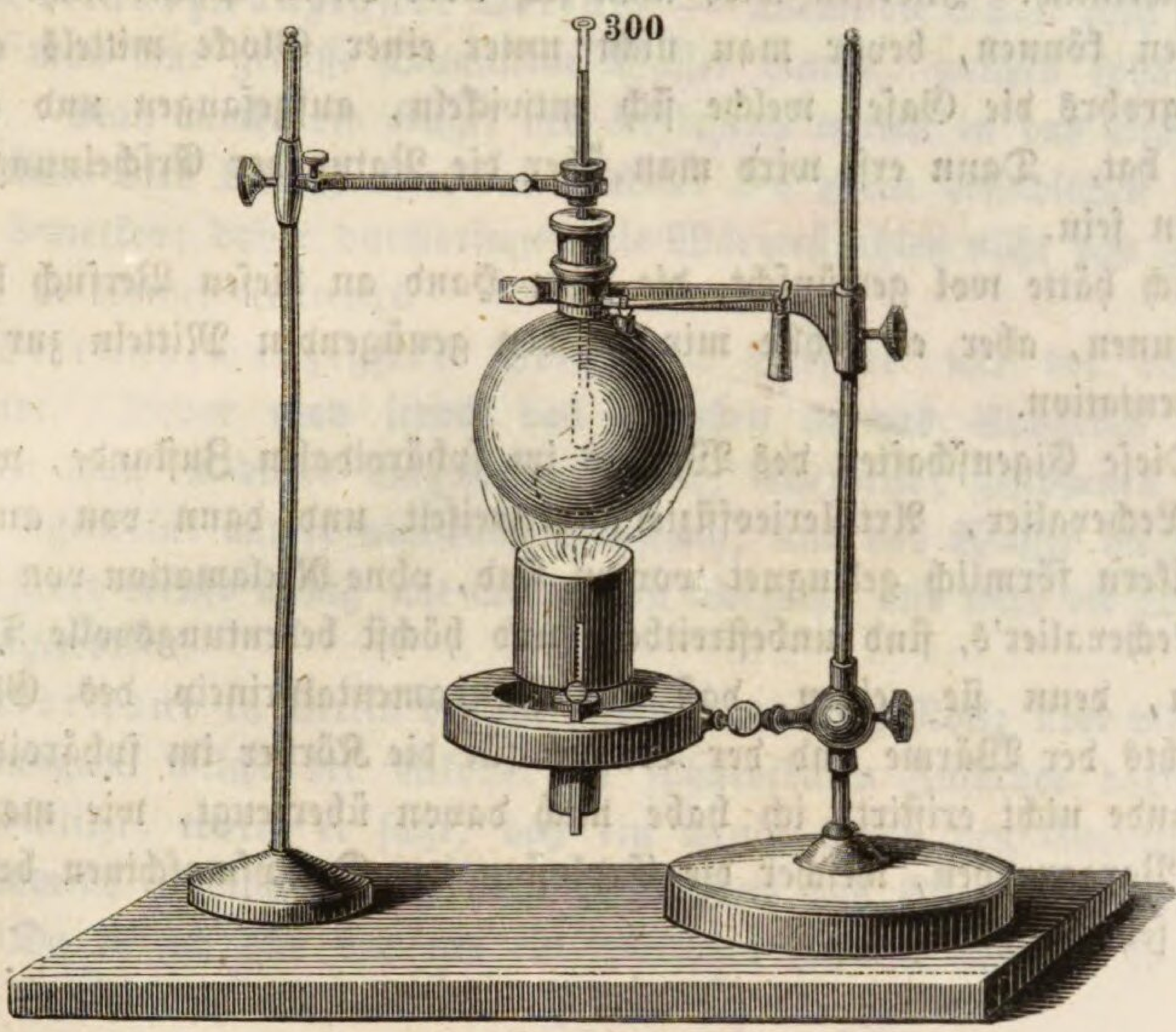


Fig. 4.

Zwanzigster Versuch. — Man stellt ihn wie den vorhergehenden an und wenn das Thermometer 200° zeigt, entzieht man den Ballon der Einwirkung der Lampe. Bald darauf ändert das Wasser seinen Zustand, benetzt das Metall und siedet stark, wobei das Thermometer plötzlich auf 100° hinabsinkt, im Einklang mit den Gesetzen über das Gleichgewicht der Wärme.

Einundzwanzigster Versuch. — Man macht einen kleinen eisernen Mörser weißglühend und gießt 15—20 Gramm destillirtes Wasser hinein, welches in den sphäroidalen Zustand übergeht. Der Dampf, welchen es ausstößt, zersetzt sich: der Sauerstoff oxydirt das Eisen, der Wasserstoff entweicht und entzündet sich gewöhnlich in gleicher Höhe mit der Oeffnung des Mörsers.

Diese Art, das Phänomen zu erklären, stützt sich auf bekannte chemische Thatsachen; aber vielleicht ist sie irrthümlich. Denn könnte man in der That jetzt, da es ausgemacht ist, daß das Wasser allein durch die Einwirkung der Wärme in seine Elemente zerlegt werden kann (s. den achtunddreißigsten Versuch), nicht annehmen, daß eine Zersetzung des Wassers stattfinde und die Flamme, welche man an der

Oeffnung des Tiegels erblickt, das Resultat der Wiederbildung des Wassers sei? Dies scheint mir nicht allein möglich, sondern sogar wahrscheinlich. Indessen wird man sich über diesen Punkt nicht aussprechen können, bevor man nicht unter einer Glocke mittels eines Abzugrohrs die Gase, welche sich entwickeln, aufgefangen und analysirt hat. Dann erst wird man über die Natur der Erscheinung im Klaren sein.

Ich hätte wol gewünscht, die letzte Hand an diesen Versuch legen zu können, aber es fehlte mir an den genügenden Mitteln zur Experimentation.

Diese Eigenschaften des Wassers im sphäroidalen Zustande, welche von Lechevalier, Artillerieoffizier, bezweifelt und dann von andern Physikern förmlich geleugnet worden sind, ohne Reclamation von Seiten Lechevalier's, sind unbestreitbare und höchst bedeutungsvolle Thatsachen, denn sie zeigen, daß das Fundamentalprincip des Gleichgewichts der Wärme und der Tension für die Körper im sphäroidalen Zustande nicht existirt; ich habe mich davon überzeugt, wie man in dem Paragraphen, welcher die Explosion der Dampfmaschinen behandelt, sehen wird.

§. 4. Durchdringt die strahlende Wärme die Körper im sphäroidalen Zustande oder wird sie von denselben reflectirt?

Alle Physiker haben bisjetzt angenommen, daß die Wärmestrahlen das Wasser im sphäroidalen Zustande durchdringen, ohne auf dasselbe einzuwirken, und daß dies die Ursache der Langsamkeit seiner Verdampfung sei. Dies ist ein Irrthum.[1]

Zweiundzwanzigster Versuch. — Man macht eine Platinschale rothglühend und befestigt mittels eines Trägers ein kleines Kölbchen, das einen Gramm Wasser enthält, sodaß die Kugel desselben einen Millimeter von der Schale absteht. Die strahlende Wärme erhitzt die Wand des Kölbchens, diese das danebenliegende Waffertheilchen, welches von einem andern verdrängt wird u. s. w., und bald wird das Wasser stark zu sieden beginnen. Nun entfernt man das Kölbchen

[1] Besondere Gründe nöthigen mich, zu sagen, daß ich diese Classe von Erscheinungen seit 1836 studire, und daß eine Notiz über den Aether in einem wissenschaftlichen Journal gegen das Ende des Jahres 1837 gedruckt ist.

und füllt es von neuem mit Wasser, um damit den folgenden Versuch zu beginnen.

Dreiundzwanzigster Versuch. — Wenn die Schale roth glüht, gießt man eine gewisse Quantität Wasser hinein, welches sphäroidal wird. Man taucht die Kugel des Kölbchens mitten in das Sphäroid und man wird kein Zeichen des Siedens des darin befindlichen Wassers bemerken; daher durchdringen die Wärmestrahlen nicht das Sphäroid, sie werden reflectirt.

Vierundzwanzigster Versuch. Derselbe wie der vorhergehende. Bevor man jedoch das Kölbchen in das Sphäroid senkt, schüttet man in dieses Sägespäne, Sand, Eisenfeile, gestoßenes Glas oder irgendeine andere unlösliche Substanz, und das Wasser im Kölbchen siedet ebenso wenig wie im vorigen Versuch; also wird die Wärme zurückgeworfen.

Marchand in Berlin hat im Jahre 1840 eine Notiz über die Erscheinungen, welche der Alkohol im sphäroidalen Zustande darbietet, veröffentlicht, worin er sagt, daß ein wenig Sand den Eintritt des Phänomens verhindere; ich habe jedoch stets das Gegentheil beobachtet. Da es sich hier nur um ein wirkliches Factum handelt, so kann Jeder entscheiden, wer von uns Beiden sich täuschte.

Fünfundzwanzigster Versuch. — Man vertheile Lampenruß in Wasser zu einem gleichförmigen Gemenge und gieße davon in eine rothglühende Schale, um dasselbe in den sphäroidalen Zustand überzuführen. Darauf tauche man in das Sphäroid die Kugel des kleinen Kölbchens, welches zu den vorigen Versuchen gedient hat, und das Wasser, welches darin enthalten ist, wird wiederum nicht zum Sieden gelangen; also wird auch in diesem Falle die Wärme zurückgeworfen.

Uebrigens zeigt ein in dieses Gemenge getauchtes Thermometer auch nur die Temperatur des sphäroidalen Wassers. Hierbei ist es nicht überflüssig, daran zu erinnern, daß Lampenruß von allen bekannten Körpern am meisten das Vermögen der Wärmeabsorption besitzt.

Mit Ruß gemischtes Wasser siedet nicht im Muffelofen; es bleibt so gut im sphäroidalen Zustande wie in freier Luft, während es doch hier ununterbrochen und von allen Seiten der Einwirkung der strahlenden Wärme ausgesetzt ist. Dieser Versuch allein würde genügen, zu zeigen, daß die Sphäroide die so merkwürdige Eigenschaft besitzen, die Wärme zu reflectiren.

Wenn man aber statt der unlöslichen Substanzen das sphäroidale

Wasser mit löslichen Salzen mischt, so steigt seine Temperatur proportional dem Siedepunkte der Salzlösung. So ist die Temperatur einer 29procentigen Kochsalzlösung, deren Siedepunkt bei 108,5° liegt, im sphäroidalen Zustande = 104° und einigen Bruchtheilen.

Es muß bemerkt werden, daß Sand, Eisenfeile, Glaspulver u. s. w., welche doch infolge ihrer Schwere und Dichtigkeit mit der Schale in Berührung bleiben müßten, dies nicht thun; diese Körper werden von den Sphäroiden angezogen und eingehüllt und begleiten dieselben auf allen ihren Bewegungen bis zu ihrem vollständigen Verschwinden. Sie bilden im untern Theile der Sphäroide ein für die Absorption der strahlenförmigen Wärme durchaus geeignetes Segment, wenn diese die Oberfläche zu durchdringen vermöchten. Die Molecule der genannten Körper nähern sich immer mehr und mehr und bleiben zuletzt in Form einer Halbkugel, eines Näpfchens oder einer Scheibe, zuweilen von einem centralen Loch durchbohrt, zurück. (S. weiter unten den einunddreißigsten Versuch.)

Es scheint sonach positiv erwiesen, daß die Körper im sphäroidalen Zustande die Wärmestrahlen reflectiren, sobald sie ihr Temperaturmaximum erreicht haben, welches stets unterhalb ihres Siedepunkts liegt. Ist es nicht einleuchtend, daß wenn eine solche Reflexion nicht stattfände, das im sechzehnten Versuch beschriebene Gefrieren von Wasser eine Unmöglichkeit sein müßte?

Diese bemerkenswerthe Eigenschaft des absoluten Wärmereflexionsvermögens, welches die Körper im sphäroidalen Zustande besitzen, hilft eine der kühnsten Hypothesen dieses Jahrhunderts über die Temperatur und physikalische Constitution der Sonne befestigen. Dieselbe ist von Herschel aufgestellt worden und hat schon durch die polariskopischen Versuche Arago's große Wahrscheinlichkeit erhalten. Sie wird der Gegenstand einer ausführlichen Betrachtung im dritten Theile dieses Werkes sein.

Wir sehen aus allen diesen Versuchen, daß die Wärme durch die Körper im sphäroidalen Zustande zurückgeworfen wird; dies scheint uns sonach bewiesen. Indessen kann man sich doch fragen, ob es wol das Sphäroid ist, welches die Wärme reflectirt, ob diese Reflexion nicht etwa durch seine Atmosphäre veranlaßt wird, oder vielleicht auch, ob die Strahlen nicht ein wenig in das Sphäroid eindringen, um dann zurückgeworfen zu werden? Für jetzt, glauben wir, ist die Experimentalphysik außer Stande, diese Fragen zu entscheiden, die uns vielmehr der mathematischen Analysis anzugehören

scheinen, und somit überlassen wir die Lösung dieser Aufgabe den Mathematikern von Fach.

§. 5. Können alle Körper in den sphäroidalen Zustand übergehen?

Alle flüssigen Körper ohne Unterschied, selbst, der Ansicht von Munck entgegen, die nicht flüchtigen Oele, können in den sphäroidalen Zustand übergehen. Ebenso verhält es sich mit allen flüchtigen festen Körpern, und man kann sagen mit allen. Das Wachs und die Fette bilden keine Ausnahme. Die zum Uebergang in den sphäroidalen Zustand nöthige Temperatur muß um so höher sein, je höher der Siedepunkt der Körper liegt, oder bei einem je höhern Wärmegrade sie sich zersetzen. Es muß hier besonders Folgendes hervorgehoben werden: Ich bin nicht der Ansicht, daß die Fette überhaupt zu sieden vermögen und ebenso wenig der größte Theil der Ammoniaksalze. Diese Körper zersetzen sich bei einer höhern oder niedrigern Temperatur, aber sie sieden nicht im strengen Sinne des Wortes. Man erhitze eine mit Wasser und eine mit Mandelöl gefüllte Schale nebeneinander und man wird bald erkennen, daß meine Bemerkung gegründet ist. Man darf daher nicht sagen: Leinöl siedet bei 316°, sondern es zersetzt sich bei 316°.

Das Ricinusöl bleibt lange genug im sphäroidalen Zustande, um darin beobachtet werden zu können. Diese Eigenschaft nähert es den flüchtigen Oelen, mit denen es infolge seiner Fähigkeit, sich in allen Verhältnissen in Alkohol zu lösen, einige Aehnlichkeit besitzt. Sollten die Oele der Euphorbiaceen vielleicht den Uebergang zwischen den flüchtigen und nichtflüchtigen Oelen bilden? — die Entscheidung dieser Frage gehört in das Gebiet der organischen Chemie.[1]

Sechsundzwanzigster Versuch. — Man macht eine flache Platinschale glühend und wirft etwa einen Gramm Jod hinein, welches sofort in den sphäroidalen Zustand übergeht. Spärliche, durchscheinende Joddämpfe umgeben das Sphäroid und entweichen mit ziemlicher Regelmäßigkeit aus der Schale. Man verlöscht die Lampe und alsbald geht das Jod in den flüssigen Zustand über, benetzt die Schale, siedet heftig und entwickelt eine große Menge Dämpfe.

---

[1] Bussy hat aus dem Ricinusöl einen bei 155° siedenden flüchtigen Körper dargestellt, welchen er Oenanthol nennt.

Die Frage ist sonach entschieden: das Ricinusöl hält in der That die Mitte zwischen den firen und flüchtigen Oelen.

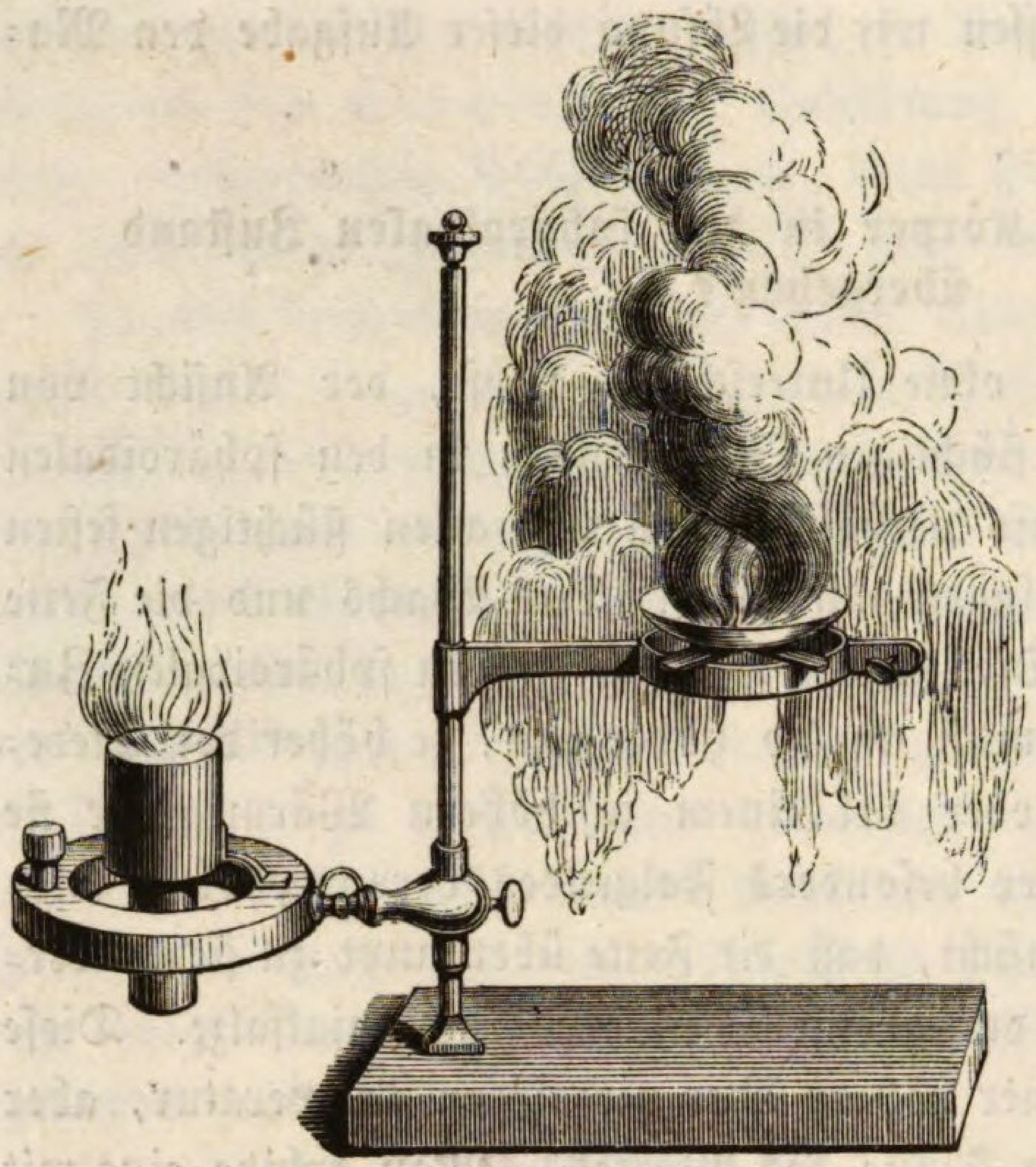


Fig. 5.

Beim Jod sieht man außerordentlich deutlich den Unterschied, welcher zwischen der Verdampfung der Körper im sphäroidalen Zustande und beim Sieden stattfindet.

Dieser Versuch ist höchst brillant und eignet sich besonders für Vorlesungen.

Aetzsublimat im sphäroidalen Zustande ist durchsichtig wie Wasser und zersetzt sich nicht; ebenso der Kalomel.

Chlorjodquecksilber verhält sich wie Aetzsublimat.[1]

Chlornatrium, Chlorammonium und kohlensaures Ammoniak zersetzen sich gleichfalls nicht.

Chlorkohlenstoff brennt zuweilen mit einer schönen violetten Flamme. Wenn er verdampft ohne zu brennen, bleibt Kohlenstoff in der Schale zurück. Im Allgemeinen verbrennt in allen Körpern, welche Kohlenstoff enthalten, dieser zuletzt.

Phosphor geht sehr leicht aus dem festen in den sphäroidalen Zustand über; er verbrennt lebhaft zu Phosphorsäure. Es ist zu diesem Versuche eine sehr hohe Temperatur erfoderlich, und sobald sie sich nur um wenig erniedrigt, findet Berührung statt; es bildet

---

[1] Man erhält diese Verbindung, indem man Krystalle von Quecksilberchlorür in eine Flasche gibt, welche Jod enthält; sie ist prächtig roth, von unbedeutendem Geschmack und wenig löslich.

Dieser Körper bietet einen sehr bemerkenswerthen Fall der Epigenie dar, und das mikroskopische Studium desselben wird ohne Zweifel dazu dienen können, die moleculare Anordnung der Körper erkennen zu lassen.

Diese Verbindung in gewissen noch unbestimmten Proportionen zeigt die ziemlich seltene Erscheinung eines obwol aus sehr flüchtigen Elementen zusammengesetzten, dennoch im geschmolzenen Zustande eine gewisse Stabilität bewahrenden Körpers.

Das Chlorjodquecksilber wird meinerseits Gegenstand einer sehr sorgfältigen Untersuchung sein.

sich Phosphorplatin, und die Schale ist mit einer unglaublichen Schnelligkeit durchbohrt und geschmolzen. Ich habe diesen Erfolg bei einer Schale von 1,5 Millimeter Dicke eintreten sehen.

Ich könnte noch viele andere Substanzen anführen, mit denen ich experimentirt habe, doch dies wird hier überflüssig sein, da ich denselben Gegenstand im zweiten Theile dieses Werkes ausführlicher behandeln werde.

Die Salpetersäure zersetzt oder spaltet sich. Es würde dies wahrscheinlich ein leichtes Mittel sein, Untersalpetersäure zu erhalten.

Ich erwähne nur noch das salpetersaure Ammoniak, welches sich zersetzt, ohne sich zu entzünden, wie man gleich sehen wird.

Siebenundzwanzigster Versuch. — Man schütte etwa 1 Gramm salpetersaures Ammoniak in eine Platinschale und erhitze diese. Das Salz schmilzt und brennt; daher ist ihm der ehemals gebräuchliche Name Nitrum flammans ertheilt worden.

Achtundzwanzigster Versuch. — Man macht eine Platinschale glühend und wirft nun salpetersaures Ammoniak hinein, welches sich nach Art der fixen Oele zersetzt, ohne einen Rückstand zu lassen, sich jedoch nicht entzündet. Die Zersetzungsproducte werden im zweiten Theile näher untersucht werden.

Eine andere nicht minder bemerkenswerthe Erscheinung, welche beweist, wie tief modificirend der sphäroidale Zustand in gewissen Fällen auf die Materie einwirkt, ist folgende. Jeder wird a priori zugeben, daß, wenn man ein Sphäroid von salpetersaurem Ammoniak mit der Flamme einer Kerze berührt, dasselbe sich entflammen wird. Und doch ist dem nicht so! Der Körper entzündet sich durchaus nicht.

Die beiden vorhergehenden Versuche zeigen, welchen Vortheil diese neue Art der Wärmeeinwirkung auf die Körper dem Chemiker gewähren kann. (S. den Anfang des zweiten Theils.)

Der letzte (achtundzwanzigste) Versuch ist in der That außerordentlich. Er zeigt uns, daß ein äußerst leicht brennbarer Körper unter Umständen, welche der Verbrennung besonders günstig sind, unverbrennbar wird. Und einige Personen staunen, daß ich für diesen bewundernswerthen Untersuchungsgegenstand leidenschaftlich eingenommen bin, indeß das Gegentheil Staunen erregen sollte.

Es ist hier der Ort, darauf hinzuweisen, daß die Repulsion, die sich zwischen der erhitzten Oberfläche und den darauf geworfenen Körpern aus irgendwelchem Grunde zeigt, sich auf feste Körper erstreckt und in gleicher Weise zwischen zwei Flüssigkeiten stattfindet.

„Als Powel den Apparat, dessen man sich in der Optik zur Her-

vorbringung der farbigen Ringe bedient und der aus zwei übereinandergelegten Gläsern besteht, erhitzte, bemerkte er eine sehr deutliche Absonderung. Ebenso beobachtete Addams sehr evidente Zeichen einer Repulsion zwischen erhitzten Oberflächen und gewissen pulverförmigen Körpern. Als er zum Beispiel etwas Kieselerde in einer Platinschale über einer Spirituslampe erhitzte, sah er, daß das Pulver in einigen Secunden eine außerordentliche Beweglichkeit annahm. Die Reibung war so gering, daß die Kieselerde sich häufig nicht von der Stelle bewegte, obwol man die Schale darunter weggleiten ließ. Aehnliche Erscheinungen finden bei der Magnesia, beim Mangansuperoxyd u. s. w. statt. Wir erwähnen noch eines sehr bemerkenswerthen Versuchs von Trévelyan, um die Repulsion zwischen erhitzten Metallen zu zeigen. Wenn man auf ein Stück Blei ein stark erhitztes Kupferstück von einer solchen Form legt, daß die Berührung nur in einem Punkte stattfinden kann, so wird sich das Blei im Berührungspunkte erwärmen und das Kupfer ein wenig gehoben werden. Während dieser Zeit vertheilt sich die Wärme im Blei, sodaß die Abstoßung vermindert wird und die Kupfermasse sich wieder senkt, um abermals abgestoßen zu werden, und so fort. Diese abwechselnden Berührungen folgen einander so schnell, daß ein gewöhnlich ziemlich tiefer Ton entsteht; man kann denselben aber in einen sehr hohen verwandeln, wenn man auf die Kupfermasse drückt, wodurch die Bewegungen verkleinert werden. Der Ton selbst liefert schon den Beweis von einer bei diesem Versuche stattfindenden Bewegung."[1]

Was die Flüssigkeiten betrifft, so habe ich Folgendes beobachtet. Man erhitzt Schwefelsäure bis nahe zu ihrem Siedepunkte, läßt einige Tropfen Wasser, Alkohol oder Aether darauf fallen, und man wird diese verschiedenen Flüssigkeiten in den sphäroidalen Zustand übergehen sehen, fast ebenso, als wenn man sie in zur Hervorbringung der Erscheinung angemessene erhitzte Gefäße gießt. Beim Erhitzen von Leinöl oder anderer fixen Oele erhält man ganz analoge Resultate. Wasser, Aether, Alkohol u. s. w. verhalten sich ebenso. Pélouze hat dasselbe Phänomen beobachtet, als er Wasser auf hinreichend erhitztes Terpentinöl goß. Das Wasser rundet sich auf der Oberfläche des Oels zu Tropfen ab und sinkt nicht zu Boden, was es infolge seiner Dichtigkeit thun müßte.[2] Wenn man mit einiger Vorsicht verfährt, kann man eine gewisse Zahl von Flüssigkeiten aufeinanderhäufen.

---

[1] Person, Éléments de physique, II, 30.
[2] Journal de pharmacie, 1840, S. 779.

Choron hat gleichfalls das letztere Phänomen studirt und die erhaltenen Resultate in einem an das Institut gerichteten Mémoire verzeichnet. Da dasselbe noch nicht veröffentlicht ist, kann ich seiner hier nur erwähnen.

Légal (Dieppe) hat gezeigt, daß Aether auf der Oberfläche von Wasser von 100° leicht in den sphäroidalen Zustand übergeht. (Comptes rendus de l'Acad. des sciences, premier semestre 1850.)

Aber der erste Physiker, welcher diese Erscheinung beobachtet hat, ist der berühmte Bellani; seine Untersuchungen datiren von 1808. Ich werde weiter unten Gelegenheit haben, den Namen dieses Gelehrten von neuem zu citiren.[1]

Sonach scheint es wol festzustehen, daß diese Erscheinung eine allgemeine ist, und daß eine Repulsion zwischen festen und festen Körpern, zwischen festen und flüssigen und zwischen flüssigen untereinander stattfindet.

Wenn wir von der Einwirkung der festen Körper aufeinander abstrahiren, können wir diesen Paragraphen, wie wir ihn angefangen haben, mit den Worten beschließen: alle Körper können in den sphäroidalen Zustand übergehen.

§. 6. Findet zwischen den Körpern im sphäroidalen Zustande und den Oberflächen, auf welchen sie entstehen, Berührung statt, oder nicht?

Neunundzwanzigster Versuch. — Dieser Versuch muß während der Nacht oder in einem dunkeln Raum angestellt werden. Man macht eine silberne Platte über einer Aeolipyle, die auf einem Fuße mit Stellschrauben steht, rothglühend; auf die Mitte dieser Platte setzt man einen silbernen Hohlcylinder von 0,04 Meter Höhe und 0,02 Meter Durchmesser, an dessen Fuß sich zwei diametral gegenüberstehende 3 Millimeter lange, 1 Millimeter breite Oeffnungen befinden, sodaß ein Lichtstrahl, der durch dieselben geht, auf die Achse des Cylinders trifft. Hierauf gießt man 1 Gramm durch Ruß geschwärztes Wasser hinein, welches in den sphäroidalen Zustand übergeht; man bedeckt den Cylinder mit einem Metalldeckel, dann sucht man durch die Oeff-

[1] S. Belli, Corso di fisica, I, 96; — Giornale de fisica, de Brugnatelli, 1808, S. 261; — endlich das Mémoire des Professors Belli, abgedruckt in dem schon oben citirten Giornale dell' I. R. Instituto Lombardo etc., S. 196 und 233.

nungen nach der Flamme einer mit der Platte in gleicher Höhe befindlichen Kerze zu sehen, und man wird sie ohne Unterbrechung zwischen dem sphäroidalen Wasser und der Metallfläche hindurch erblicken. (Fig. 6.)

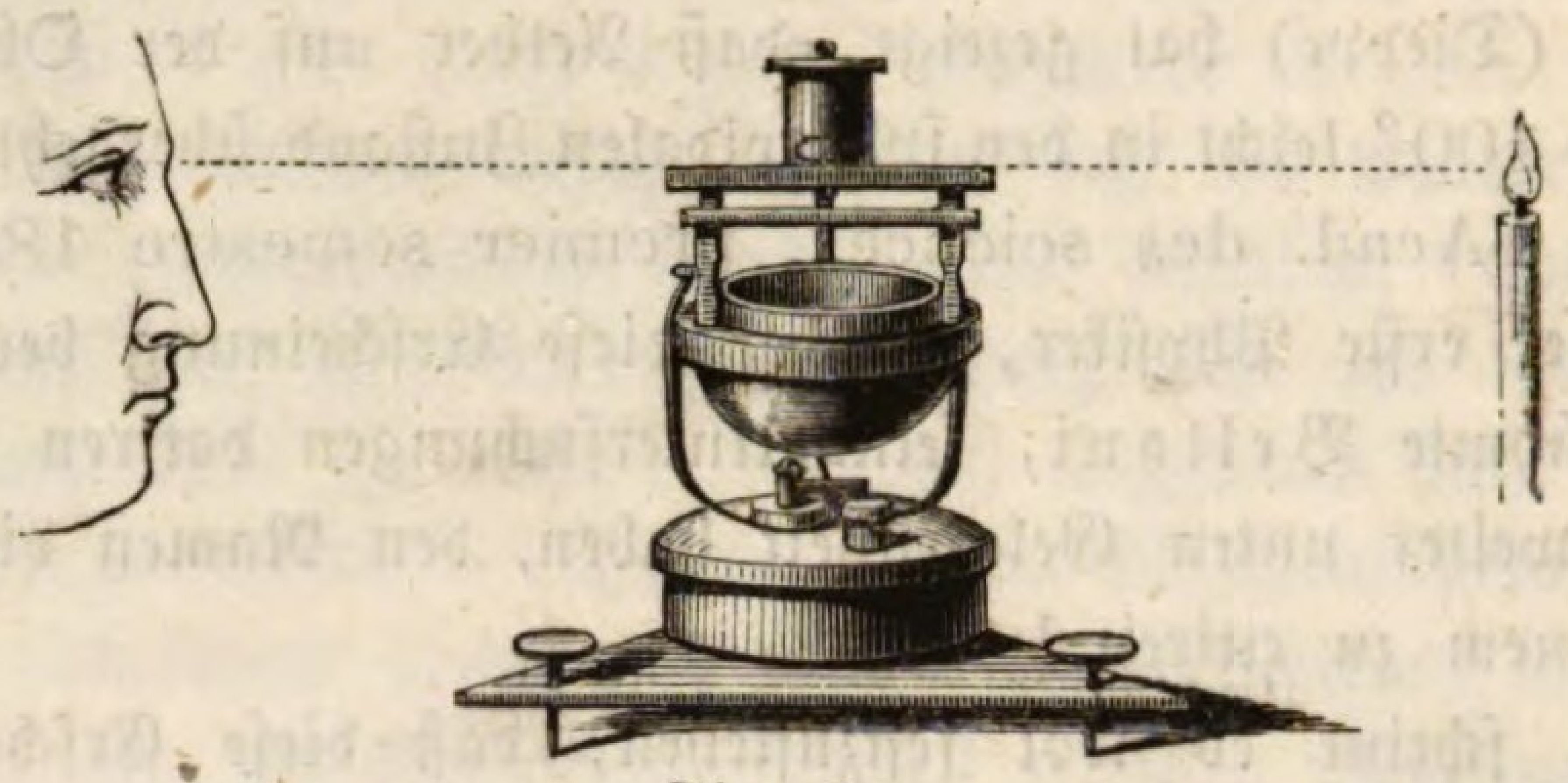


Fig. 6.

In gleicher Weise sieht man den elektrischen Funken zwischen dem Sphäroid und der Platte.

Man kann diese Thatsache dadurch erklären, daß man annimmt, das Kügelchen bliebe entweder constant in einer kleinen Entfernung von der Wand, oder es mache sehr schnelle Oscillationen, indem es die Platte abwechselnd berührt und sich von ihr entfernt. Ich bin geneigt zu glauben, daß der erste Fall stattfinde.

Wenn man einige Tropfen Wasser in eine fast flache rothglühende Silberschale gießt und die Flamme einer Kerze unter einen Winkel von 45° bis auf einige Centimeter nähert, so bildet sich ein Lichtkegel, dessen Basis sich auf dem halben Umfange des Sphäroids befindet, sodaß sich dies wie eine Biconvexlinse verhält.

Dreißigster Versuch. — Man zieht auf einer Silberschale sehr nahe beieinander mittels Schwefelammonium sehr feine parallele Linien. Sobald sie trocken geworden sind gießt man Wasser in die Schale, und man wird die Linien in unveränderter Breite und Entfernung erblicken. Nun erhitzt man die Schale, nachdem sie ausgetrocknet worden, und gießt einige Tropfen Wasser hinein, welche in den sphäroidalen Zustand übergehen. Betrachtet man jetzt dieselben Linien durch das Sphäroid, so wird man bemerken, daß sie beträchtlich verbreitert und durch größere Zwischenräume getrennt sind.

Einunddreißigster Versuch. — Man macht eine flache Silberschale rothglühend und wirft einige Tropfen Salpetersäure von beliebiger Concentration hinein. Dieselbe rollt in der Schale umher, ohne sie im mindesten anzugreifen, und es ist leicht, sie zu dem Concentrationsgrade zu bringen, daß sie keine Einwirkung auf Marmor zeigt. Dies ist ein ausgezeichnetes Mittel zur Concentration in gewissen Fäl-

len, vorzüglich wenn man nur kleine Quantitäten Flüssigkeit besitzt. Zur größern Sicherheit nimmt man zu solchen Zwecken Gefäße, welche weder in der Kälte noch in der Wärme angegriffen werden.

Macht man diesen Versuch im Dunkeln und mit einer Schale, die nur 1 Millimeter Wanddicke hat, so bemerkt man, wenn man das Sphäroid in Bewegung versetzt, daß die Theile der Schale, welche von der Salpetersäure bedeckt werden, eine höhere Temperatur besitzen als die andern; sie erscheinen röther, und wenn man nach dem Erkalten der Schale diese Stellen genau untersucht, so findet man sie an der Oberfläche rauh, indem sie offenbar einer beginnenden Schmelzung ausgesetzt waren. Dieser Umstand beweist von neuem und zum Ueberfluß, daß die Wärme von den Körpern im sphäroidalen Zustande reflectirt wird.

Wendet man die Salpetersäure in größern Mengen an, als nöthig ist, um ein vollkommenes Sphäroid zu bilden, so enthält sie zuweilen Spuren von Silber, infolge der Einwirkung ihres Dampfes auf das Metall, welcher in der Säure aufsteigt, wie beim zwölften Versuche der Wasserdampf.

Berührt man aber ein Sphäroid von Salpetersäure mit einem kalten Silberblech, so wird dasselbe unter Entwickelung von salpetriger Säure heftig angegriffen, und auf dem Bleche bleibt salpetersaures Silberoxyd zurück.

Es ist nicht einmal nöthig, daß das kalte Silberstück die Säure berühre; es reicht hin, ihr dasselbe auf eine gewisse Entfernung zu nähern; das Sphäroid breitet sich auf dem Bleche aus und löst es auf.

Zweiunddreißigster Versuch. — Man nimmt statt der silbernen Schale eine kupferne. Dieselbe wird bei Rothglühhitze ebenso wenig angegriffen; läßt man aber die Schale, welche ein Sphäroid von Salpetersäure enthält, erkalten, so kommt ein Augenblick, wo sich die Säure über der Oberfläche ausbreitet und auf dieselbe dann äußerst heftig einwirkt. Das Resultat dieser Reaction ist bekannt.

Salpetersäure im sphäroidalen Zustande greift also das Kupfer nicht an. Zuweilen jedoch trennen sich Blättchen Kupferoxyd von der Schale ab und lösen sich in der Säure auf, ein Umstand, der meine Behauptung nicht umwerfen kann.

Dreiunddreißigster Versuch. — Ammoniak im sphäroidalen Zustande ist ohne Einwirkung auf Kupfer; aber wenn man dasselbe mit kaltem Kupfer berührt oder ein Theilchen Kupferoxyd hineinwirft, so nimmt es augenblicklich die den Chemikern so bekannte blaue Farbe an.

Vierunddreißigster Versuch. — Sehr verdünnte Schwefelsäure in eine Schale von Eisen oder Zink gegossen, welche heiß genug ist, um die Säure in den sphäroidalen Zustand überzuführen, greift das Gefäß nicht an; aber es erfolgt eine heftige Einwirkung, sobald sie genug erkaltet ist, um ihren molecularen Zustand zu ändern, und es bildet sich unter Wasserstoffentwickelung das Sulphat des betreffenden Metalls.

Fünfunddreißigster Versuch. — Man erhitzt eine fast ebene Silberschale und gießt hinreichend Wasser hinein, damit sich ein sehr flaches Ellipsoid bilde. Andererseits macht man einen eisernen Cylinder von 1 Centimeter Durchmesser weißglühend und taucht ihn in das Ellipsoid, welches, da keine Berührung stattfinden kann, um den Cylinder einen Ring bildet, den ich, mit Recht oder Unrecht, mit dem Ringe des Saturn verglichen habe. Man weiß, daß Maupertuis die Meinung aussprach, der Ring des Saturn bestehe aus Eis, was damals sehr absurd gefunden wurde.

Dieser Versuch gelingt besser mit einem (vollen) silbernen Cylinder als mit einem eisernen, wegen des Oxydes, welches diesen stets bedeckt. Mit einem Silbercylinder und stark blau oder schwarz gefärbtem Wasser werden die Resultate ebenso nett wie bemerkenswerth.

Noch besser gelingt der Versuch mit einer Silberschale mit aufgebogenem Boden; man macht sie glühend und gießt Wasser oder eine andere Flüssigkeit hinein. Es bildet sich ein Ring oder wenigstens Theile eines solchen. Im erstern Falle zeigt die Flüssigkeit höchst eigenthümliche und der sorgfältigsten Beobachtung werthe Bewegungen.

Wenn die Aeolipyle und die Schale, welche sie trägt, auf einem Gestell mit Fußschrauben steht, so ist es leicht (wenn die Schale mit Sorgfalt gedreht ist), sie horizontal zu stellen; dann zeigt die Bewegung des Ringes in seinen kleinsten Theilchen, das ist der Sphäroide, eine Tendenz von links nach rechts.

Wenn man diese Versuche mit Aether oder Alkohol macht, welche sich dabei entzünden, so sieht man, sobald die in Rede stehenden Sphäroide sich in Bewegung setzen, kleine Körper mit durchscheinendem Kern und einem oder mehren Schweifen, die um so länger sind, je heftiger die Bewegung ist.

Ich werde meine Ansicht über diese Thatsachen bei Gelegenheit des einundsechzigsten Versuchs aussprechen, welcher viel Analogie mit dem eben beschriebenen hat. Indeß sind die Resultate dieser letztern, was die Bewegung betrifft, weniger entscheidend als die des einundsechzigsten Versuchs.

Dieser Versuch kann jedoch, wenn ich mich nicht täusche, dazu dienen, die Attraction der Wassermolecule untereinander, wie auch die der Theilchen anderer Flüssigkeiten zu messen. Denn wendet man davon eine zur Bildung eines Ringes hinreichende Menge an, so verringert sich infolge der Verdunstung die Masse und das Volumen des Ringes fortwährend, und es kommt ein Augenblick, wo er plötzlich reißt und zwischen den beiden Endpunkten des noch übrigen Theils ein Zwischenraum entsteht. Dieser Zwischenraum variirt mit der Natur der Flüssigkeit, und je weniger dicht dieselbe ist, um so größer ist der Bogen.

Uebrigens ist dies ein Punkt, welcher gründliches und sorgfältiges Studium verlangt; unglücklicherweise bietet er von mehr denn einer Seite Schwierigkeiten dar.

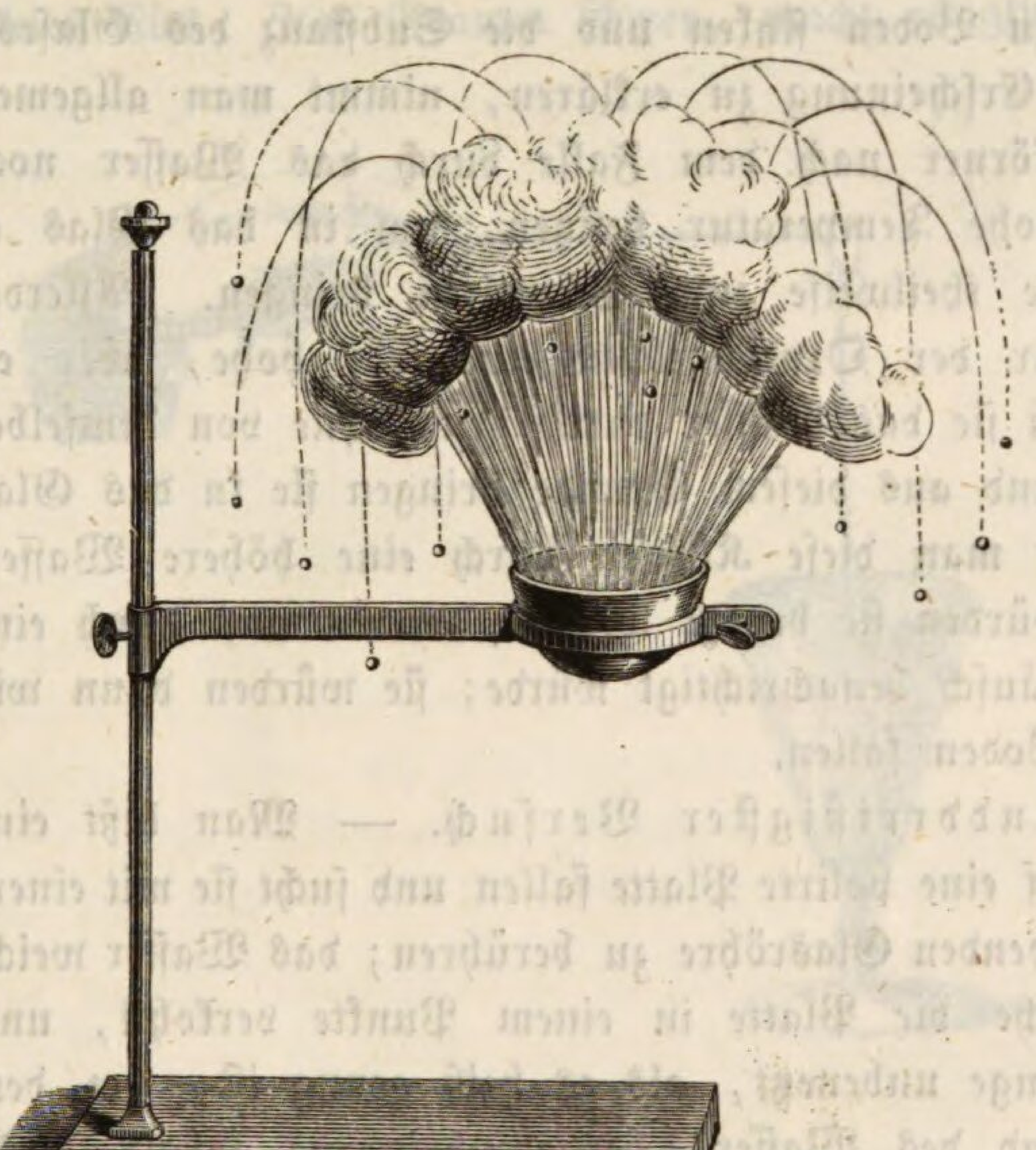


Fig. 7.

Sechsunddreißigster Versuch. — Man nimmt eine sehr starke Silberschale (diejenige, deren ich mich bediene, ist halbkugelförmig, hat einen äußern Durchmesser von 5 Centimeter und wiegt 90 Gramm), macht sie rothglühend, faßt sie mit der Zange, schöpft sie durch eine sehr schnell ausgeführte Bewegung aus einem ganz angefüllten Ge-

fäße voll Wasser und setzt sie auf einen Träger. Die ganze Wassermasse, welche sie enthält, befindet sich im sphäroidalen Zustande und besitzt eine Temperatur von + 96,5°. Nach Verlauf einiger Zeit ist die Schale nicht mehr heiß genug, um dies Wasser im sphäroidalen Zustande zu erhalten; dies geht in den flüssigen Zustand über und siedet mit Heftigkeit. (Fig. 7 a. v. S.)

In diesem Versuche ist das eigenthümliche Problem gelöst, ein Gefäß mit Wasser zu füllen, ohne daß es davon benetzt wird, und dann in demselben Gefäße beim Erkalten das Wasser zum Sieden zu bringen.

Siebenunddreißigster Versuch. — Jedermann kennt den brillanten Versuch der Verbrennung von Eisen in Sauerstoff. Jeder weiß, daß die geschmolzenen Oxydkügelchen durch das Wasser des Ballons zu Boden sinken und die Substanz des Glases incrustiren. Um diese Erscheinung zu erklären, nimmt man allgemein an, daß die Oxydkörner nach dem Falle durch das Wasser noch eine hinreichend hohe Temperatur besitzen, um in das Glas einzudringen, welches sie theilweise zum Schmelzen bringen. Allerdings ist die Temperatur der Oxydkügelchen eine sehr hohe, aber es ist ferner wahr, daß sie das Wasser durchsetzen, ohne von demselben benetzt zu werden, und aus diesem Grunde dringen sie in das Glas ein.

Wenn man diese Körper durch eine höhere Wassersäule fallen ließ, so würden sie benetzt werden, wovon man durch ein eigenthümliches Geräusch benachrichtigt würde; sie würden dann wie Bleikörner auf den Boden fallen.

Achtunddreißigster Versuch. — Man läßt einige Tropfen Wasser auf eine polirte Platte fallen und sucht sie mit einer zugeschmolzenen glühenden Glasröhre zu berühren; das Wasser weicht der Röhre aus, welche die Platte in einem Punkte verkohlt, und das Glas bleibt solange unbenetzt, als es heiß genug ist, um den sphäroidalen Zustand des Wassers hervorzubringen; sobald dies aber nicht mehr der Fall ist, wird es vom Wasser benetzt und springt an allen Stellen, wo eine Berührung stattfindet.

Ich könnte diese Versuche noch unendlich variiren und vervielfältigen; doch genügen, wie ich denke, die vorliegenden, um festzustellen, daß zwischen den Körpern im sphäroidalen Zustande und den Oberflächen, auf welchen sie entstehen, keine Berührung stattfindet, und daß die Entfernung, welche sie davon trennt, meßbar und permanent ist.

Bei dieser Gelegenheit muß ich der Versuche des Professors Bel-

lani gedenken. Derselbe hat seit dem Jahre 1816 gezeigt[1], daß Kugeln von geschmolzenem Glase, welche man in kaltes Wasser wirft, um die sogenannten Glastropfen (larmes bataviques) daraus zu machen, einige Zeit hindurch glühend bleiben, ohne daß das Wasser, wenigstens zu Anfang des Versuchs, ein Zeichen des Siedens gibt; er bemerkte ferner, daß eine Masse geschmolzenen Glases, welche am Ende eines eisernen Rohres hing, wie es die Glasbläser benutzen, beim Eintauchen in Wasser sich wie die erwähnten Glastropfen verhielt und kein Geräusch dabei verursachte; das Wasser kam nicht zum Sieden, sondern blieb ebenso ruhig als hätte man ein Stück Eis hineingeworfen (la quale acqua rimane tranquilla come ponendovi un pezzo di ghiaccio).

Man kann einen ähnlichen Versuch (bei Vorlesungen) folgendermaßen anstellen: Man nimmt ein Stück Silber oder Platin von der Form eines Eies, 200 Gramm schwer, macht es glühend, und

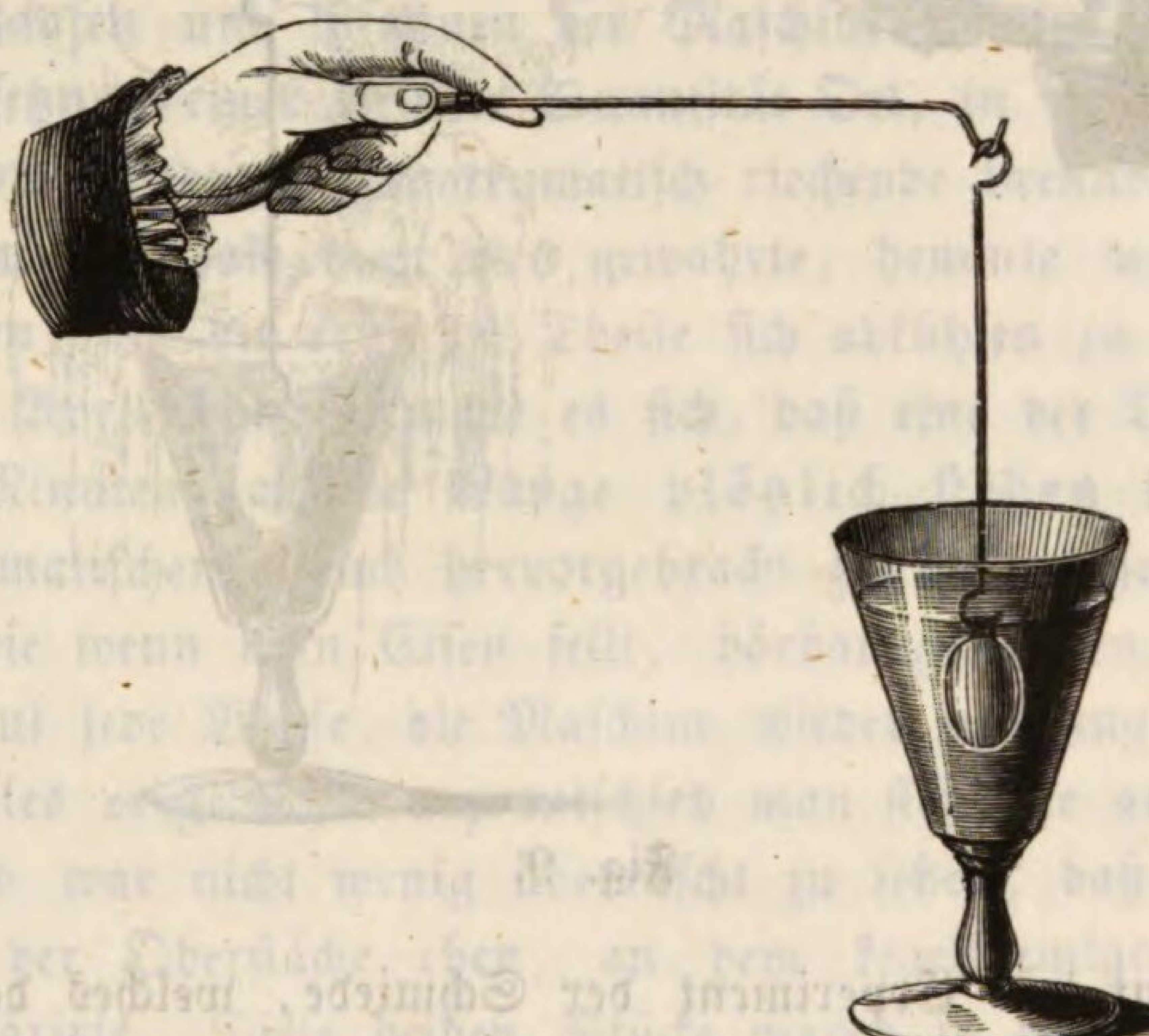


Fig. 8.

sobald es zur höchst möglichen Temperatur gebracht ist, faßt man es mittels eines eisernen Hakens durch ein Loch an dem einen Ende der Masse und senkt es in ein Gefäß voll lauwarmen Wassers; man bewegt es sanft im Wasser, welches rund um das Metall einen Raum läßt. (Fig. 8.) Nach einiger Zeit findet die Berührung statt,

---

[1] Giornale di fisica di Pavia, 1816, S. 255 u. s. w., und Giornale dell' Instituto Lombardo, 1844, S. 193.

ein Sausen wird hörbar, das Wasser beginnt zu sieden, was sehr bald mit großer Heftigkeit geschieht, und das Gleichgewicht der Wärme stellt sich zwischen allen Theilen des Apparates her, der dann erkaltet wie in allen ähnlichen Fällen (s. Fig. 9).

Grove, der diesen Versuch statt des Silbers mit Platin wiederholt hat, beobachtete, daß sich das Wasser dabei infolge der hohen Temperatur in seine Elemente zersetzte. Es ist dies ein Resultat von dem höchsten Interesse und beruht ganz auf dem sphäroidalen Zustande, wie dies auch Grove anerkannt hat.[1]

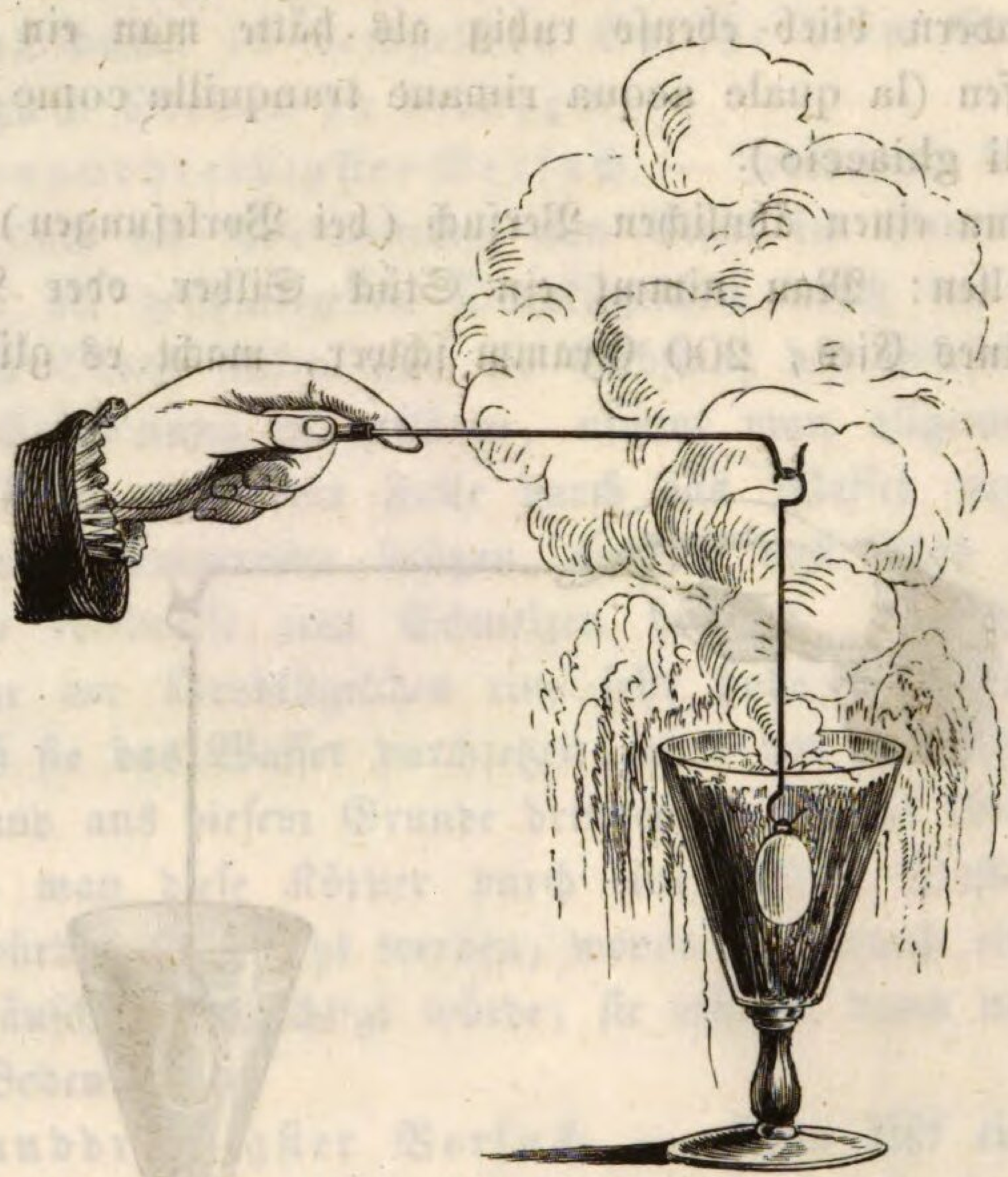


Fig. 9.

Man kennt das Experiment der Schmiede, welches darin besteht, einige Tropfen Wasser auf glühendes Eisen zu werfen und dasselbe an der Stelle kräftig zu schlagen, wo sich das Wasser befindet, wodurch eine heftige Detonation hervorgebracht wird. Es ist gewiß, daß der Schlag die Berührung zwischen Eisen und Wasser herstellt; welcher Ursache aber soll man die Detonation zuschreiben? Man kann sie entweder aus der schnellen Verwandlung des Wassers in Dampf, oder wie bei dem Grove'schen Versuch, aus der Bildung von Knallgas und der Entzündung desselben herleiten.

[1] Philosophical Transactions, I, Februar 1847.

Wie dem auch sein möge, so verdient dies Factum immerhin eine Stelle im vorliegenden Werke, und zwar umsomehr, als es eine große praktische Bedeutung hat. Denn das Eisen wird durch diesen Versuch von Oxyd befreit, sei es, daß letzteres mechanisch durch den Dampf hinweggerissen, sei es, daß es durch den freiwerdenden Wasserstoff reducirt wird.

Am 12. Mai 1851 erhielt ich durch Herrn Boissenot, Pharmaceuten zu Chalons-sur-Saône, folgende Mittheilung:

„Eine höchst bemerkenswerthe Thatsache, welche einen Platz unter den Versuchen des Herrn Boutigny (d'Evreux) finden sollte, hat sich soeben in der Zuckersiederei «Zu den Lerchen» (Sucrerie des alouettes) bei Chalons-sur-Saône ereignet.

„Dieses Etablissement besitzt vier Turbinen von Rholfs, Seyrig und Comp. zur Klärung des Rohzuckers; während dieser Operation steigerte sich die Geschwindigkeit auf 1000 — 1200 Umdrehungen in der Minute. Dabei erhitzten sich infolge der großen Schnelligkeit die Zapfen und Pfannen der Maschinen einige mal so, daß sie eine Zersetzung einer kleinen Quantität Oel, in welches sie tauchten, bewirkten, wodurch empyreumatisch riechende brennbare Gase erzeugt wurden. Sobald man dies gewahrte, hemmte man den Lauf der Maschinen, um die erhitzten Theile sich abkühlen zu lassen.

„Am 2. April nun ereignete es sich, daß eine der Turbinen nach 10 — 15 Minuten langem Gange plötzlich stehen blieb, ohne den empyreumatischen Geruch hervorgebracht zu haben; jedoch war ein Geräusch, wie wenn man Eisen feilt, hörbar geworden. Man bemühte sich auf jede Weise, die Maschine wieder in Gang zu bringen; da jedoch Alles vergeblich war, entschied man sich, sie auseinanderzunehmen, und war nicht wenig überrascht zu sehen, daß die Pfanne, obgleich an der Oberfläche eben, an dem kegelförmigen Ende des Zapfens adhärirte. Diese beiden Stücke waren in einer Ausdehnung von 3 Centimeter Durchmesser vollständig zusammengeschweißt. Ein metallener Wulst von 1 Millimeter Dicke lag um den Zapfen; dieser schien in die Substanz der Pfanne eingelassen. Die Feile griff den Wulst nicht an, welcher wie das Uebrige die Härte des Stahls besaß. Man suchte nun mit Hülfe des Hammers und Meisels die Theile zu trennen, jedoch vergebens, und da man befürchtete, die Achse zu verderben, wenn man sie dem Schmiedefeuer aussetzte, brachte man sie auf die Drehbank. Die Pfanne wurde in der Form von Spänen entfernt. Hierbei bemerkte man, daß die Verlöthung der beiden Stücke regelmäßig bis zum Centrum sich erstreckte.

„Dieses höchst merkwürdige und vielleicht einzige Beispiel einer mitten in einem Oelbade von 4 Litres Inhalt stattfindenden Zusammenlöthung zwischen dem Gußstahl der Pfanne und dem geschmiedeten Stahl der Achse kann nur durch den sphäroidalen Zustand erklärt werden, welchen das Oel infolge der Ueberhitzung durch die schnelle Achsendrehung annehmen mußte. Es mußte an der Berührungsstelle von Achse und Pfanne in dem Moment, als die Drehung begann, keine hinreichend dicke Schicht Oel vorhanden sein, um die unmittelbare Reibung der Metalle aufeinander und dadurch die Hervorbringung der hohen Temperatur, welche sie erreicht haben, zu verhindern. Das Oel, schon durch die Centrifugalkraft veranlaßt, die Oberfläche, welche es schlüpfrig machen sollte, zu verlassen, entfernte sich, indem es in den sphäroidalen Zustand überging, von demselben vollständig und ließ Zapfen und Pfanne in einem leeren Raume, oder besser mitten in einer gaserfüllten Atmosphäre aufeinanderwirken. Nun entwickelte sich eine intensive Temperatur und stieg bis zu dem Punkte, wo die Metalle erweichten. Sobald dies beim äußersten Ende des Zapfens erfolgt war und dasselbe größere Dimensionen erlangt hatte, verminderte sich die Geschwindigkeit der Turbinen und die Temperatur sank, sodaß die Zusammenlöthung momentan eintreten mußte. Da nun keine Drehung mehr erfolgen konnte, stand der Apparat still; und nachdem die Abkühlung weit genug vorgeschritten war, um das Oel wieder in den frühern Zustand überzuführen, benetzte dasselbe die erhitzten und zusammengeschmolzenen Maschinentheile von neuem."

Ich verdanke der Gefälligkeit des Herrn Levol, Probirer an der Münze zu Paris, die Kenntniß des folgenden Vorganges, welcher aus einem Mémoire von Duhamel und Jars, 1758, ausgezogen ist.

Münze zu Zellerfeld (Harz).

„Man befolgt daselbst eine alte Methode zur Fabrikation der Münzen. Das im Tiegel geschmolzene Silber wird auf einen Zeuggurt (eine Art Zwillich) gegossen, der an seinen beiden Enden an einen Bogen befestigt ist, welchen man mit Hülfe einer Schraube nach Belieben spannen kann. Durch die Spannung und die Art der Befestigung erhält der Gurt einen leicht aufgeworfenen Rand nach jeder Seite. Man hat dieselben mehr oder weniger breit, je nach der Münze, die man schlagen will. Indeß gießt man auf diese Weise die Barren nur für Münzen von der kleinsten Sorte bis zu einem

Gulden; die für zwei gießt man in Sand. Man sucht im Allgemeinen die Barren schmäler und folglich dicker zu formen, als die Münzen werden sollen. Ein Arbeiter hält den Bogen über einem Gefäß mit Wasser und taucht den Gurt hinein, während ein Anderer das Silber darauf gießt, solange derselbe noch naß ist. Der Erstere schüttelt ein wenig, ehe das Metall erstarrt, damit es sich gleichmäßig vertheilt, taucht es darauf unter das Wasser und läßt es auf den Boden des Gefäßes fallen, da sonst der Gurt verbrennen würde; man gießt von neuem und verfährt in gleicher Weise."

Es ist einleuchtend, daß diese originelle Gießform (ein Zwillichgurt) vor der zerstörenden Einwirkung des geschmolzenen Silbers nur durch den sphäroidalen Zustand des Wassers geschützt bleibt, welcher die strahlende Wärme reflectirt und das Metall in einer gewissen Entfernung hält.

Durch die Güte des Herrn Clemandot, Directors der Glasfabrik (cristallerie) zu Clichy, habe ich die von Bellani beobachtete Erscheinung verificiren können und sie in allen Einzelheiten bestätigt gefunden.

Dieselbe ist seit langer Zeit allen Glasarbeitern bekannt. Eine weniger bekannte Thatsache jedoch, die mir von Herrn Clemandot mitgetheilt worden ist, dürfte folgende sein: Man kann eine in Wasser geworfene glühende Glasmasse mit der Hand angreifen und auf jede Weise bewegen, ohne sich im mindesten zu verbrennen. Ich gestehe, daß ich diesen gefährlich scheinenden Versuch nicht ohne eine gewisse Unruhe wiederholt habe, aber in Wahrheit ohne die geringste Unbequemlichkeit für den Experimentator.

Herr Clemandot glaubt, und ich stimme ihm vollkommen bei, daß bei diesem Versuch zwei Zeitabschnitte wohl zu unterscheiden sind. Der erste ist charakterisirt durch den Uebergang des Wassers in den sphäroidalen Zustand, und daraus folgt die Absonderung der geschmolzenen Glasmasse vom Wasser. Während des zweiten darauf folgenden wird das Glas benetzt, seine Oberfläche wird fest und nimmt die Temperatur des Wassers an; aber weil die umgebende feste Schicht durchsichtig ist, so erscheint die ganze innere Masse glühend. Da nun das Glas die Wärme schlecht leitet, so begreift man leicht, daß man es unter Wasser in diesem Zustande anfassen kann, da die Hand durch die feste Decke geschützt ist, welche die Oberfläche bedeckt.

Man wird aber nicht auf dieselbe Weise andere Phänomene erklären können, welche einige Analogie mit dem erwähnten haben.

zum Beispiel: mit der Zunge über glühendes Eisen streichen, solches mit der Hand fassen, mit bloßen Füßen über eine eben gegossene Eisenmasse laufen, geschmolzenes Blei mit dem Finger anrühren, die Hand in siedendes Pech tauchen, und Alles ohne sich zu verbrennen, sind sehr merkwürdige Thatsachen und durchaus unerklärbar, wenn man nicht die Eigenschaften der Körper im sphäroidalen Zustande berücksichtigt.

Man erinnert sich, wie auf der ersten Seite dieses Buches erwähnt wurde, daß in der Bibel eine dem sphäroidalen Zustande analoge Erscheinung berührt wird.

Ich lasse hier ein historisches Factum folgen, welches zeigt, daß die Alten in der Civilisation vielleicht ebenso vorgeschritten waren wie wir, und daß ihre Kenntnisse in der Physik, der Chemie und der Naturgeschichte ausgedehnter gewesen sein mögen, als man im Allgemeinen annimmt. Was ich mittheilen will, scheint mir speciell zu beweisen, daß man im Alterthum genaue Begriffe über die Wirkungen der Wärme und über die Eigenschaften der Körper im sphäroidalen Zustande hatte.

Als die Religion des Zoroaster bedeutend an Anhängern verloren hatte, erbot sich einer ihrer Priester, Adurabâd-Mahrasphand, die Feuerprobe zu bestehen.... „Er schlug vor, daß man über seinen nackten Körper 18 Pfund geschmolzenen Kupfers gieße, unter der Bedingung, daß, wenn er davon nicht verwundet werde, die Ungläubigen sich angesichts eines so großen Wunders bekehren sollten. Er soll die Probe mit so großem Erfolg bestanden haben, daß Alle bekehrt wurden.“ [1]

Dies Ereigniß ist für mich nicht zweifelhaft, und so unwahrscheinlich es auch scheinen mag, ich halte es für vollkommen richtig: Multa credibilia falsa, multa incredibilia vera.

Es ist in der That bekannt, daß man den Finger, ja die ganze Hand ungestraft in geschmolzenes Metall eintauchen kann, vorausgesetzt, daß sie von Natur feucht oder mit einer gesättigten Auflösung von schwefliger Säure, die etwas Ammoniaksalz enthält, benetzt seien; es genügt indeß, den Finger mit dem Munde zu befeuchten.

Herr Alph. Michel hat ohne Vorsichtsmaßregeln mit seinem Finger einen Strahl geschmolzenen Eisens durchschnitten, der aus der Ausflußöffnung eines Wilkinson schoß.

Nach Michel habe ich diese Versuche, die besonders für Den be-

[1] Dictionnaire historique, I, 417.

fremdend sind, der sie zum ersten male sieht oder besprechen hört, wiederholt und abgeändert. So habe ich einen Finger oder die Hand mehre male in einen Löffel voll glühenden Gußeisens getaucht, habe dann den Versuch mit Silber, Bronze und Blei wiederholt, und das Resultat ist stets dasselbe gewesen: dasselbe Gefühl und keine Verbrennung. Benetzt man den Finger mit Aether, bevor man ihn in flüssiges Blei taucht, so empfindet man Kälte. Befeuchtet man die Hand mit Wasser, so kann man sie ohne Gefahr in Fett von 300° versenken. Man kann sie in gleicher Weise in siedendes Wasser stecken, wenn man sie vorher mit Aether befeuchtet hat.[1]

Die Theorie dieser Erscheinungen ist sehr einfach und völlig auf den Gesetzen des sphäroidalen Zustandes begründet. Wir haben hier die Umkehrung des Versuchs mit dem eiförmigen Stück Silber (s. weiter oben) und beide bilden nur einen. Im erstern Falle entfernt sich das Wasser vom Metall, welches nun in eine Krystallhülle eingeschlossen scheint; im zweiten sondert sich das flüssige Metall von der feuchten Hand ab. Im erstern ist das Metall activ und das Wasser passiv, im zweiten findet das Umgekehrte statt: die feuchte Hand ist activ und das geschmolzene Metall passiv.

Gehen wir in dieser Theorie ein wenig weiter vor, so gibt uns die Formel $m c t$ die in einem Körper enthaltene Wärmemenge an.

Seien: m die Masse, ausgedrückt in Kilogramm,
c die specifische Wärme des Körpers,
t seine Temperatur.

In unserm Falle darf jedoch der Factor m nur den Werth der Einheit haben, weil zwischen der Hand und dem geschmolzenen Metall keine Berührung stattfindet, und weil sich sein Unterschied in dem Versuche herausstellt, mag derselbe mit 1 oder 1000 Kilogramm angestellt werden. Das Gefühl, welches man empfindet, ist in beiden Fällen und für jedes Metall das gleiche, was man leicht begreift, wenn man die abstoßende Kraft glühender Oberflächen kennt, welche der Berührung irgendeines Körpers Widerstand leistet.

Der Finger oder die Hand befinden sich daher in der geschmolzenen Masse isolirt und folglich vor der zerstörenden Wirkung der glühenden Materie beschützt. Ich wiederhole es, der Factor m kann nur den Werth der Einheit haben.

---

[1] S. das Mémoire des Dr. Légal (zu Dieppe); Comptes rendus, erstes Semester 1850.

So bleiben die beiden Factoren c t. Ich setzte mit genügender Approximation c = 0,15, t = 1500°, als Temperatur des geschmolzenen Gußeisens, folglich ct = 1500. 0,15 = 225.

Hiernach würde also die Haut des Experimentators einem Wärmequantum von 225 Einheiten ausgesetzt sein, gewiß einer nicht unbedeutenden Menge; sie ist indeß viel zu hoch, wie man gleich sehen wird.

Die Hand und das Metall berühren einander nicht, eine Thatsache, die ich als positiv ausgemacht betrachte. Wenn Dem so ist, so kann die Erwärmung nur durch Strahlung stattfinden, und diese würde in der That enorm sein. Die Strahlung aber wird durch die Reflexion aufgehoben und sonach ist es so gut, als existire sie nicht: kurz, der Experimentator befindet sich sozusagen unter normalen Umständen.

Ich glaube weiter oben nachgewiesen zu haben, daß das Wasser im sphäroidalen Zustande die besondere Eigenschaft besitzt, die Wärmestrahlen zu reflectiren[1] und daß es nie die Temperatur seines Siedepunkts erreicht; daraus folgt, daß der Finger oder die Hand, wenn sie befeuchtet sind, sich nicht bis zu der Temperatur von 100° erheben können, wenn man den Versuch nicht solange fortsetzt, daß die Flüssigkeit vollständig verdampfen kann.

Mit einem Worte: Taucht man die Hand in geschmolzenes Metall, so wird sie isolirt, die Feuchtigkeit, welche sie bedeckt, geht in den sphäroidalen Zustand über, wirft die strahlende Wärme zurück und erhitzt sich nicht bis zum Sieden.

Eine bemerkenswerthe Thatsache, welche geeignet ist, diese theoretischen Andeutungen zu bekräftigen, ist die, daß die Theile der Hand, welche der Einwirkung der strahlenden Wärme von der Oberfläche des Bades ausgesetzt sind, eine schmerzhafte Wärme empfinden und eine Röthung der Haut zeigen, während die untergetauchten Theile unverletzt bleiben.

Man kann noch auf eine andere Weise den Zusammenhang dieser Erscheinungen mit dem sphäroidalen Zustande nachweisen:

Gießt man auf die Oberfläche eines Bleibads einige Tropfen Wasser, so gehen dieselben in den sphäroidalen Zustand über; Dasselbe findet statt, wenn man Alkohol oder Aether nimmt. Benetzt man nun den Finger, ehe man ihn in das Blei taucht, mit einer

---

[1] S. §. 4, S. 24 fg. Man vergleiche auch meine beiden Briefe an die Akademie der Wissenschaften vom 14. und 21. Juli 1845. Man wird an diesen Orten die Erklärung dieser Erscheinung finden.

dieser Flüssigkeiten, so wird man nur die Temperatur empfinden, welche dieselben im sphäroidalen Zustande zeigen, und welche, wie man weiß, stets unter ihrem Siedepunkte liegt.

Vielleicht spielt auch die Lebenskraft[1] eine Rolle bei der Erhaltung der lebenden organischen Gewebe; denn wie ich nachgewiesen habe, besteht zwischen der lebenden Natur und der Materie im sphäroidalen Zustande eine bemerkenswerthe Beziehung, das ist die Unveränderlichkeit ihrer Temperatur oder ihr Zustand stabilen Gleichgewichts bezüglich der Wärme (s. den zweiundsiebzigsten Versuch).[2]

Uebrigens ist diese Art von Versuchen nicht immer ohne Gefahr. Taucht man z. B. den Finger in ein Metall in dem Augenblicke seiner Erstarrung, so kann es vorkommen, daß er darin sitzen bleibt, oder daß eine kleine Quantität Metall anhaftet; in beiden Fällen wird man sich stark verbrennen.

Die Herren Desprez und Desdouit haben die Genauigkeit aller dieser Versuche mit geschmolzenen Metallen anerkannt; Herr Desdouit hat sie in Gußeisen mit einer Kühnheit wiederholt, die mich wahrhaft in Schrecken setzte.[3]

Die Herren A. Perrey, Professor der Physik zu Dijon, Légal, Arzt zu Dieppe, und Come, Professor der Physik zu Laval, haben in gleicher Weise alle diese Thatsachen bestätigt. Herr Come hat die Versuche in einer Weise variirt, die weder über die Erscheinung, noch über die von mir gegebene Erklärung, welche er ohne Rückhalt annimmt, irgendeinen Zweifel aufkommen läßt.[4]

Ich lasse aus dem Mémoire dieses Gelehrten einen kleinen Auszug folgen, welchen Jeder mit Interesse lesen wird: „Herr Covlet, der den Anfang machte, und ich, wir schnitten mit dem Finger Strahlen geschmolzenen Gußeisens durch, wir tauchten die Hände in Formen und Tiegel voll dieser feurigflüssigen Masse, wie sie eben aus einem Wilkinson gelaufen war, und deren Wärmeausstrahlung selbst in ziemlich großer Entfernung unerträglich war. Wir haben diese Versuche zwei Stunden lang fortgesetzt. Madame Covlet, welche daran

---

[1] Was ist Lebenskraft? (Anm. des Verf.)

[2] S. auch meine beiden Mémoiren in den Annales de chim. et de phys., Sept. 1849 u. Febr. 1850, und im Journal de pharmacie et de chimie, Juli und Dec. 1849.

[3] S. l'Univers vom 7. Januar 1850.

[4] S. sein Mémoire in den Comptes rendus de l'Académie, erstes Semester (1850).

theilnahm, gestattete ihrer achtjährigen Tochter, die Hand in einen Tiegel voll glühenden Gußeisens zu stecken, und auch dieses Experiment wurde ohne Beschädigung ausgeführt. . . Jeder von uns hatte eine Empfindung von Kälte, sobald schweflige Säure angewendet wurde."

Der Doctor Légal hat diesen Versuchen neue sehr bemerkenswerthe hinzugefügt. So hat er z. B. bestätigt, daß man sich stark verbrennt, wenn man den Finger in siedendes Terpentinöl (+ 156°, Liebig) taucht, daß dies aber nicht der Fall ist, wenn dieselbe Flüssigkeit sich im sphäroidalen Zustande befindet, wo die Wärme durchaus erträglich gefunden wurde (s. dessen Diverses communications à l'Académie in den Comptes rendus, erstes Semester, 1850).

Innerhalb eines Zeitraums von zehn Jahren war es mir sonach möglich, in einem bis zur Weißglut erhitzten Ofen Eis zu erzeugen und mich ungefährdet in glühendem Gußeisen zu baden, und das Alles auf Grund der Gesetze, welchen die Materie im sphäroidalen Zustande folgt. Man mag nun, wenn man will, die große Bedeutung leugnen, welche ein gründliches Studium des sphäroidalen Zustandes der Materie besitzt, man mag es leugnen, daß dieser Molecularzustand früher oder später eine Rolle in der Wissenschaft zu spielen berufen sein werde: es wird mich wenig beunruhigen. — Dies ist nur eine Frage der Zeit oder der Zukunft; aber diese Zukunft, die uns nicht gehört, wird vielleicht Diejenigen meiner Landsleute mit Strenge verurtheilen, welche in den Abhandlungen von Gelehrten des Auslandes, bevor dieselben in Frankreich gedruckt wurden, die meinen Lieblingsuntersuchungen günstigen Wendungen unterdrückt haben. Es ist dies eine von den — Handlungen, welche genügen, um den Glanz der größten wissenschaftlichen Berühmtheiten zum Erbleichen zu bringen.[1]

Ich habe oben erwähnt, daß in der Bibel sich Andeutungen über

[1] S. das Mémoire, welches ich an die Akademie den 2. October 1848 gerichtet habe.

Ich meine hier eine Schrift von Grove unter dem Titel: „On certain phenomena of Voltaic Ignition and the decomposition of water into its constituent gases by heat." Diese Schrift ist von Louyet übersetzt und folgende Stelle derselben im Französischen weggelassen worden: „Um indeß auf wichtigere Betrachtungen überzugehen, so scheint der sphäroidale Zustand, welcher seit kurzem die Aufmerksamkeit der Gelehrten fesselt, in der innigsten Verbindung mit diesen Erscheinungen zu stehen, und deshalb wird das Interesse, welches sich daran knüpft, bedeutend erhöht." (Bulletin du Musée de l'industrie belge, 4. Lieferung, 1847.)

den sphäroidalen Zustand finden. Was ich ferner über Aduraâbâd-Madrasphand mitgetheilt habe (und ich könnte noch viele andere Thatsachen hinzufügen), scheint zu beweisen, daß man im Alterthume ausgedehntere Kenntnisse über die Wärme besessen hat, als wir glauben. Man kannte vielleicht die Wirkungen dieser Kraft nicht bis ins kleinste Detail, ohne Zweifel jedoch ihre großen Leistungen. Es geht daraus ferner hervor, daß eine gewisse Zahl von Mittheilungen, die als Fabeln betrachtet werden, auf Wahrheit beruhen mögen, und daß unsere Vorfahren wahrscheinlich Manches gewußt haben, was wir nicht mehr wissen. Ein wenig mehr Achtung vor ihnen und etwas weniger Bewunderung vor uns würde nicht schaden.[1]

Schließlich erinnere ich noch an die bemerkenswerthe und unerwartete Analogie, welche zwischen dem lebenden Molecul und dem Molecul im sphäroidalen Zustande existirt: das ist die Beständigkeit seiner Temperatur, wie auch immer die des umgebenden Mittels sich ändern möge.

So vermag der Mensch in einer Luft zu leben, deren Temperatur zwischen — 30° und + 40° schwankt, ohne daß seine eigene dadurch afficirt werde. Ja, man weiß, daß er sogar die excessive Temperatur von — 60° und + 150° ertragen kann, während die seine constant bleibt. Die Bewohner der Polargegenden, sowie die der Tropen und der brennend heißen Länderstriche unter dem Aequator besitzen dieselbe Körperwärme, oder wenn Schwankungen stattfinden, so geschieht dies nur innerhalb sehr enger Grenzen.

Steht dies fest, so spritze man einen Tropfen Wasser in eine auf + 142° erhitzte Schale; sofort nimmt das Wasser die Temperatur von + 96,5° an und behält dieselbe bei, man mag die Schale auf jeden denkbaren über dem erwähnten Minimum (+ 142°) liegenden Wärmegrad bringen.

Dieses stabile Wärmegleichgewicht der Körper im sphäroidalen Zustande wird einst, wie ich hoffe, zur Lösung eines der größten Mysterien der Schöpfung — der Schöpfung selbst — beitragen, wenn Gott

---

[1] Unter dem Titel: „Études historiques sur les développements de la société humaine" hat Dr. Königswarter in der Revue de législation et de jurisprudence, Januar 1850, eine Reihe von beachtenswerthen Mittheilungen geliefert, in denen er ausführlich und gründlich über gerichtliche Proben oder Ordalien aller Völker und zu allen Zeiten ihrer Geschichte handelt. Die Proben mit glühendem Eisen, siedendem Wasser u. s. w. begegnen dem Verfasser oft, der nicht an ihrer Wahrheit noch an dem Erfolge, den sie gehabt haben, zweifelt.

anders dem Menschengeiste gestattet, in die Tiefen dieses bis jetzt undurchdringlichen Geheimnisses einzudringen.

Man begreift sogleich, daß eine Flüssigkeit, deren Temperatur unveränderlich ist, wie auch die der umgebenden Körper schwanken möge, einen außerordentlich geeigneten Stoff zur Ausbrütung bildet. Dieses Wort spricht meine Gedanken aus, ohne sie zu enthüllen.[1]

Herr Mulot, dessen Name durch den Brunnen von Grenelle verewigt ist, hat in mehren Fällen beobachtet, daß Stahlmassen von großem Volumen nicht benutzt werden und nicht zu der Härte gebracht werden konnten, welche man kleinern Stücken zu geben vermag. Offenbar liegt hier wieder eine Erscheinung von Repulsion zwischen Stahl und Wasser, eine Erscheinung des Nichtberührens vor.

Die Lösung des zu Eingang dieses Paragraphen aufgestellten Problems ist von der höchsten Bedeutung, aber sie bietet Schwierigkeiten mehrfacher Art dar, auch will ich nicht behaupten, dasselbe vollständig gelöst zu haben. Dennoch scheinen mir der dreißigste und fünfunddreißigste Versuch entscheidend und wohl geeignet, die Frage dahin zu erledigen, daß zwischen dem Sphäroid und der Schale ein permanenter Zwischenraum bestehe.

Ein Versuch der Herren von Kramer und Belli befestigt meine Ansicht über diesen Punkt. Diese beiden Gelehrten haben festgestellt, daß der elektrische Strom nicht von der Schale zum Sphäroid übergehe, woraus sie den Schluß zogen, daß es sehr wahrscheinlich sei, daß keine Berührung stattfinde und daß der Zwischenraum dauernd bestehe.

Peltier hat vor den italienischen Physikern die Unterbrechung des elektrischen Stromes erkannt. Folgendes schrieb mir derselbe am 10. Februar 1844: „... Es ist sicher, daß der elektrische Strom, solange sich das Wasser im sphäroidalen Zustande befindet, nicht geschlossen ist; er schließt sich im Momente der Decrepitation und circulirt solange, als das Wasser, welches den sphäroidalen Zustand verlassen hat, die Schale benetzt. Diese im Augenblicke der Decrepitation beginnende elektrische Leitung beweist von neuem, daß eine solche Wirkung das Product einer partiellen Benetzung, einer partiellen Verdampfung bei hoher Tension u. s. w. ist, wie ich es in meinen Abhandlungen auseinandergesetzt habe."

Berzelius ist auch der Ansicht, daß kein Contact stattfinde; aber für ihn ist der Versuch mit der Kupferschale und der Salpetersäure

---

[1] Im dritten Theile des vorliegenden Werkes wird diese Hypothese wiederaufgenommen werden.

der entscheidende: „Dieser Versuch beweist, was übrigens der sphäroidale Zustand a priori voraussetzt, daß der der Unterlage am meisten genäherte Punkt des Sphäroids derselben nicht so nahe kommt als bei niedriger Temperatur, und daß er in einer größern Entfernung bleibt, als für die Wirkung der chemischen Verwandtschaft erforderlich ist." (Jahresbericht 1845.)

Ueberblickt man alle diese Phänomene, so ist man beinahe gezwungen, eine unbekannte Kraft anzunehmen, welche die Schwerkraft aufhebt und die Körper im sphäroidalen Zustande in einer gewissen Entfernung von der Oberfläche hält, auf der sie entstehen. Diese Kraft scheint die resultirende der Repulsion, von welcher die Wärme die scheinbare Ursache ist, und einer Molecularattraction zu sein, die in den Sphäroiden eine Kraft zur Entstehung bringt, welche man nur mit der Schwerkraft, der sie das Gleichgewicht hält, vergleichen könnte. Mit einem Worte: die Sphäroide unserer Laboratorien (ich wage es kaum auszusprechen) würden ganz einfach Satelliten der Erde sein, auf welche das Newton'sche Attractionsgesetz anwendbar wäre, und dies würde uns zu der Ansicht führen, daß die Eigenschaften des unendlich Kleinen dieselben seien wie die des unendlich Großen.

Was dieser über die Sphäroide ausgesprochenen Meinung noch zur Stütze gereicht, ist der Umstand, daß ihr Volumen umgekehrt proportional mit ihrer Dichtigkeit ist, woraus folgt, daß alle Sphäroide die gleiche Masse besitzen müßten, und dies ist in der That der Fall. Aber ich will diese Discussion nicht vor der Zeit beginnen; sie findet ihren natürlichen Platz im dritten Theile dieses Buchs.

Ich lasse hier die Mittheilung eines sehr unglücklichen Ereignisses folgen, welches zeigt, daß das Phänomen, das uns beschäftigt, auch im großen Maßstabe eintreten kann, und daß es eine wichtige Rolle auf der Oberfläche und im Innern unserer Erde spielen müsse. Wir sehen eine bedeutende Wassermenge explodiren, nachdem sie mit einer beträchtlichen Menge geschmolzener Lava in Berührung gewesen war.

Eruption des Aetna.

„... Die Lava hatte sich auf einer Vertiefung angesammelt, wo sich Wasser befand, und daselbst einen hervorragenden Hügel gebildet; eine große Zahl Neugieriger und viele Arbeiter, die mit Holzschlagen beschäftigt waren, hatten sich versammelt, als plötzlich der Dampf des zum Sieden gekommenen Wassers und die im Innern der Lavamasse

comprimirten Gase eine Explosion bewirkten. Mehr denn sechzig Personen wurden durch die brennenden und ätzenden Dämpfe, wie durch die mehr als 150 Meter hinweggeschleuderten glühenden Lavaklumpen verbrannt oder getödtet. Wagen, Pferde, Maulthiere, welche Reisenden zugehört hatten, fanden sich ohne Herren, und es war unmöglich, die Todten zu zählen oder ihre Namen zu erfahren, da der größte Theil unter glühendem Sande, Lava oder Trümmern, die durch die Explosion umhergeworfen waren, begraben lag." [1]

Dampfkessel.

§. 7. Spielt der sphäroidale Zustand des Wassers irgendeine Rolle bei den Explosionen der Dampfkessel?

Der Dampf in seiner Anwendung als bewegende Kraft öffnet soviel Hülfsquellen und leistet der Industrie so große Dienste, daß man gern seine Unbequemlichkeiten und in gewissen Fällen auch seine Gefahr vergißt. Aber dieses Vergessen geht nicht bis zum Verkennen einer jetzt vollkommen feststehenden Wahrheit: das ist der Unzulänglichkeit sämmtlicher zur Verhinderung gewisser Explosionen von Dampfkesseln bisjetzt angewandter Mittel. Wenn Jemand in dieser Beziehung noch Zweifel hegen sollte, so wird es zur Zerstreuung derselben genügen, an die Explosion der Butterfly auf dem Delaware zu erinnern, durch welche das Schiff so vollständig zerstört wurde, daß man ohne die hier und da an den Ufern des Flusses verstreuten zerstückelten Leichname nie erfahren haben würde, was aus ihm geworden. Diese schreckliche Katastrophe, welche 23 Passagieren und der ganzen Mannschaft das Leben kostete, ereignete sich zwischen Darby und Philadelphia im August 1839.

Im Januar 1841 verbreitete eine andere Katastrophe Schrecken unter den Bewohnern an den Ufern der Saône. Der Citis sprang bei seiner ersten Reise in die Luft, wobei neun Personen getödtet und sechs schwer verwundet wurden.

Im Jahre 1842 explodirte der Riverain auf der Loire. Zweiundvierzig Personen wurden das Opfer dieses Ereignisses. Die nicht Getödteten waren entsetzlich verstümmelt. Der Telegraph detonirte an der Küste von England mit einer solchen Heftigkeit, daß man eine Batterie Kanonen zu hören glaubte. Das Schiff war zerschmettert, 13 Personen getödtet und eine große Anzahl verwundet.

---

[1] Siècle vom 31. Dec. 1843.

Der Mohican, der den englischen Dreimaster Edward Thorn und den Star schleppte, explodirte auf dem Mississippi. Vierzehn Personen verloren dabei das Leben und der Mohican fing unmittelbar nach der Explosion Feuer.[1]

„Am 19. Sept. 1843 explodirte das Dampfschiff Clipper, welches die Tour zwischen Bayousara und Neuorleans machte, in dem Augenblicke, als es die Werfte verließ. Die ganze Maschine, große Trümmer der Kessel, ungeheure Holzstücke, eine Menge anderer Gegenstände, Menschen in jedem Grade verstümmelt, wurden in die Luft geschleudert.

„Als diese Eruption die höchste Höhe erreicht hatte, stürzte sie wie die Strahlen eines Springbrunnens nach mehren Richtungen nieder; die Trümmer fielen auf die Erde, auf die Dächer der Häuser und bis auf 250 Yards von der Unglücksstelle hinweg. Die Opfer waren verbrannt, zerquetscht, zerrissen, verstümmelt und nach allen Seiten geschleudert, einige in den Fluß, andere in die Straßen, noch andere auf das entgegengesetzte Ufer des Bayou, beinahe 300 Yards weit.

„Einige Körper waren durch Holzstücke entzweigetheilt, andere wie Kanonenkugeln gegen die Mauern der Häuser geflogen. Sämmtliche umgebende Gebäude schienen wie durch einen Wirbelwind verwüstet. Aber es ist vergeblich, ein Bild von dieser Scene der Zerstörung geben zu wollen. Was von dem Schiffsgerippe übriggeblieben, war in Stücke gebrochen.

„Der Ort des Unglücks bietet den traurigsten Anblick, den man je gesehen. Die Dielen zweier Zimmer sind buchstäblich mit Todten und Sterbenden bedeckt, und Die, welche man transportirt, stoßen Gebete, Seufzer, Verwünschungen aus. Die Mannschaft hatte aus 43 Mann bestanden, wozu fünf Passagiere kamen.

„Ein kleiner Theil, worunter der Capitän, war gerettet. Der Verlust beträgt 29 Personen, indeß vermißt man mehre, deren Spuren noch nicht aufgefunden sind.“[2]

„Ein beklagenswerthes Ereigniß trug sich am 8. Mai auf der Saône bei Neuville zu. Der Dampfkessel des Packetboots Le Lazaret, welches den Dienst zwischen Lyon und Macon versieht, zersprang und tödtete den Maschinisten und zwei Heizer; ein Anderer wurde schwer verwundet.“[3]

---

[1] S. die Journale von Rouen in der ersten Hälfte des Jahres 1842.
[2] Siècle vom 29. Oct. 1843.
[3] Constitutionnel vom 12. Mai 1844.

„Ein Unglücksfall ereignete sich bei Rio de Janeiro am 25. Mai: Der Kessel eines kleinen eisernen Dampfboots, welches den Dienst zwischen dieser Stadt und Rio-Grande versieht, explodirte und mehr denn 40 Personen verloren dabei ihr Leben.“ [1]

„Die Gipsy-Queen explodirte, nachdem sie eine Versuchsreise nach Woolwich gemacht hatte. Sieben Personen verloren infolge dieses Ereignisses ihr Leben und fünf andere sind in einem hoffnungslosen Zustande; das heißt, es sind sämmtliche Personen, die am Bord des Schiffes waren, ein Opfer der Explosion geworden.“ [2]

Im Jahre 1847 ereigneten sich im Laufe eines Monats vier Explosionen von Dampfkesseln zu Roubaix, Honfleur, Paris (Rue Neuve-Coquenard) und zu Villette (Rue Saint-Denis). Der Heizer der letztern wurde 150 Meter weit hinweggeschleudert; drei andere Personen wurden auf der Stelle getödtet und eine große Zahl von Verwundeten transportirte man nach dem Hospital Saint-Louis oder nach ihrer Behausung. Der Kessel, der 15 Meter weit weggeworfen wurde, riß die Mauern und das Dach ein.

Die Maschine in der Rue Neuve-Coquenard war von drei, die in La Vilette von fünf bis sechs Pferdekräften. [3]

Am 2. Aug. desselben Jahres platzte ein Kessel des Comte d'Eu auf der Höhe von Barfleur und zwanzig Personen waren das Opfer dieses Ereignisses; sieben waren unmittelbar todt, sechs andere starben an ihren Wunden, die sieben übrigen wurden geheilt. [4]

In demselben Monate explodirte die Jacht der Königin Victoria, ebenso der Cricket auf der Themse und der Glamorgan, der mit 500 Personen am Bord von Bristol nach Weston-Supermare und Minehead ging.

Im Jahre 1855 hat wieder eine beträchtliche Zahl von Dampfkesselexplosionen ihr trauriges Contingent zu der schon zu zahlreichen Liste von Schlachtopfern des Dampfes geliefert —; in England, Neapel, Frankreich u. s. w.

Das Journal „La Science“ vom 5. Aug. 1855 veröffentlicht folgende Details über eine Explosion, welche sich zu Rouen zugetragen:

„Die Manufactur von Fauquet-Lemaître ist von ganz neuer Einrichtung und kaum seit einem Jahre gegründet. Nahe an 300 Ar-

[1] Constitutionnel vom 24. Juli 1844.
[2] Constitutionnel vom 16. Nov. 1844.
[3] Constitutionnel vom 9. Mai 1847.
[4] Constitutionnel vom 5. Aug. 1847.

beiter waren in dieser Weberei beschäftigt. Die Maschinen wurden durch vier Dampfkessel gespeist.

„Die Explosion fand gegen fünf und ein halb Uhr des Nachmittags statt und wurde durch einen entsetzlichen Knall verkündigt, der Schrecken in der Umgegend verbreitete. Im Augenblick standen alle Stühle still und die Arbeiter eilten vom Schreck getrieben in der größten Unordnung in den Hof des Etablissements.

„Dort vermehrte ein furchtbares Schauspiel der Zerstörung ihren Schreck; der Wasserdampf, welcher den Raum erfüllte, der Staub der eingestürzten Mauern, die Furcht vor neuen Explosionen, und mehr noch als alles Dies, das Geschrei der Sterbenden, versetzten die Zeugen dieser schrecklichen Scene in eine Betäubung, welche die allgemeine Verwirrung noch verdoppelte.

„Die erste Ursache dieses Unglücks war ein Riß in einem activen Dampfkessel. Dieser, von einem enormen Gewicht und einer Länge von mehr als fünf Meter, hatte sich, von einer unwiderstehlichen Kraft getrieben, fast senkrecht aufgerichtet, das Mauerwerk durchbrochen, die Seitenmauer aufgeworfen, das Dach in die Höhe gehoben und blies seinen heißen Dampf mehr als hundert Schritt weit ins Freie; darauf stürzte er sogleich mit einem entsetzlichen Getöse zurück auf die drei übrigen drei Kessel, welche ihm parallelstanden, zerbrach die Ventile des zweiten und neue Dampfstrahlen schossen sofort nach allen Richtungen, um die umgeworfenen und schon brennenden Opfer mitten unter den Trümmern zu verfolgen.“

Im „Siècle“ vom 16. und 17. Aug. 1855 liest man: „Am vergangenen Sonnabend explodirte der Kessel einer Dampfmaschine der Herren Wood aus Sheffield zu London. Zwei Menschen verloren ihr Leben. So groß war die Heftigkeit der Explosion, daß die Trümmer des Kessels über Blonk-Street hinweg bis in den Fluß geworfen wurden. Der Apparat war neu. Man nimmt an, daß Mangel an Wasser die Ursache des Ereignisses war.“

Diese kleine Zahl von Thatsachen, die man leicht durch eine Nachlese in den Journalen vervielfachen kann, genügt, wie wir glauben, um die Ueberzeugung in Jedem zu befestigen. Man kann daher wiederholen, daß die bisjetzt zur Verhinderung solcher schrecklichen Wirkungen des Dampfes angewendeten Mittel häufig unnütz waren, und zwar weil die Ursache dieser Explosionen bis zum heutigen Tage in tiefes Dunkel gehüllt ist. Aber das Publicum beginnt lebhaft den Mangel an Sicherheit oder vielmehr die Gefahren zu empfinden, welche die Dampfschiffahrt, abgesehen von ihren nicht zu leugnenden

Vorzügen, darbietet. Es ist dies eine von den großen Fragen, deren Lösung in den Annalen der Wissenschaft und der Industrie Epoche macht.

Offenbar geht aus den mitgetheilten Unglücksfällen hervor, daß die Mittel, die bisjetzt zur Verhinderung der Explosionen von Dampfkesseln angewendet wurden, durchaus ungenügend sind, und daß es eine Ursache dieser Explosionen gibt, welche bisjetzt unbekannt geblieben ist. Jeder ist hiermit einverstanden.

Die Theorie der Dampfkessel beruht vornehmlich auf zwei Fundamentalprincipien, auf dem Gleichgewicht der Wärme und dem Gleichgewicht der Spannung. Zum Unglück erleiden beide Principien so viele Ausnahmen, daß es nicht irrationell ist, sie selbst als Ausnahmen zu betrachten.

Drei Theorien sind seit einigen Jahren über die Explosion der Dampfkessel aufgestellt worden. (Es handelt sich hier nicht um die Ursache, die in der excessiven Dampfspannung liegt, sondern von der verborgenen unbekannten Ursache, welche aller zur Verhütung dieser furchtbaren Phänomene getroffenen Vorsichtsmaßregeln spottet.)

Einige Physiker haben gemeint, daß die Elektricität eine Rolle bei diesen Explosionen spiele; Andere suchen den Grund in der Zersetzung und Wiederbildung von Wasser; noch Andere endlich wollen die Erscheinung durch eine Aenderung des Molecularzustandes des Wassers, durch seinen plötzlichen Uebergang aus dem sphäroidalen Zustand in den dampfförmigen erklären: zu diesen Letztern gehören wir.

Schreiten wir zur Prüfung dieser Theorien.

Wer das Stattfinden elektrischer Vorgänge innerhalb der Dampfkessel in Abrede stellen wollte, würde geradezu die Wahrheit leugnen; zu viele Beobachtungen haben dies Factum außer allen Zweifel gestellt.

Ist es aber den Vertheidigern dieser Theorie möglich gewesen, Dampfkessel mittels der Elektricität zum Explodiren zu bringen? Wir glauben nicht. Daher kann eine solche Ansicht nur als eine Hypothese betrachtet werden. Gehen wir also zur zweiten Ansicht über.

Der Versuch lehrt uns, daß rothglühendes Eisen das Wasser zersetzt, und daß Wasserstoffgas das Eisenoxyd bei derselben Temperatur reducirt. Diese Thatsache ist unerklärbar, aber sie besteht und man muß sie zugeben. Indeß geht die Wasserbildung durch Reduction des Eisenoxyds langsam vonstatten, und es kann sonach die Explosion eines Dampfkessels nicht infolge einer solchen Verbrennung von Wasserstoffgas eintreten. Es müßte also eine genügende Menge Luft

in den Dampfkessel gelangen, um mit dem vorhandenen Wasserstoff Knallgas bilden zu können. Ist dies möglich? Kann die Speisepumpe anstatt Wasser Luft in den Kessel treiben? Einige Mechaniker bejahen dies, andere verneinen es; die Frage bleibt also unentschieden. Ist es ferner ganz sicher, daß ein Gemenge von Knallgas mit sehr comprimirtem Wasserdampf detoniren kann? Kann man außerdem annehmen, daß die Temperatur des Kessels hoch genug sei, um das explosive Gemenge zu entzünden? Dies ist nicht wahrscheinlich. Allerdings bleibt noch der elektrische Funke, und in dieser Beziehung ist kein Einwurf zu machen.

Aber ist es denn den Vertheidigern dieser Ansicht gelungen, einen Dampfkessel durch Zersetzung des Wasserdampfes in demselben und durch Zuführung eines Stroms atmosphärischer Luft zum Explodiren zu bringen? Wir glauben nicht. Daher kann diese zweite Theorie wie die erste nur als eine Hypothese angesehen werden.

Ehe wir diese kurze Discussion beschließen, sei noch bemerkt, daß die Zersetzung des Wassers in einem Dampfkessel nur unabhängig von den Gesetzen des Wärmegleichgewichts stattfinden kann; denn Niemand wird behaupten wollen, daß ein rothglühender Kessel irgendeiner Wassermenge, welche dieselbe Temperatur besäße, widerstehen könne. Gehen wir nun zur Prüfung der dritten Theorie über, die sich auf die Gesetze des sphäroidalen Zustandes stützt.

Hier begegnen wir lautsprechenden Thatsachen.

Gießt man Wasser in einen Dampfkessel und setzt denselben einer hohen Temperatur aus, so wird jenes bald heftig sieden und Dampfströme entwickeln. Wird die Speisung vernachlässigt und kommt der Kessel zum Glühen, so nimmt das Wasser alsbald neue Eigenschaften an: es benetzt die Wände des Kessels nicht, wird nicht heißer als 98° und gibt sehr wenig Dampf. (Man hat am Bord des Citis bemerkt, daß unmittelbar vor der Explosion der Dampf eine sehr geringe Spannung zeigte.) Verlöscht oder schwächt man aber das Feuer, oder pumpt man plötzlich eine große Menge kalten Wassers in den Kessel, so benetzt dasselbe die Wände und verwandelt sich augenblicklich in Dampf, welcher in den allermeisten Fällen eine Spannung von tausend Atmosphären annehmen kann!! Hiernach ist es erklärlich, daß die sogenannten Sicherheitsventile gegen die plötzliche Entfesselung einer so außerordentlichen Gewalt unnütz sind.

Indeß muß man bekennen, daß sowol über diese Ursache der Explosion wie auch über die andern noch Zweifel obwalten, welche nur durch zahlreiche und mannichfaltige Versuche beseitigt werden können.

Ans Werk denn! Hier handelt es sich nicht um persönliche, um Standes- und Localinteressen, sondern um die Interessen der ganzen Menschheit. Es gilt die Frage, was wir vom Dampfe fürchten oder hoffen dürfen, von dieser unbesiegbaren Gewalt, die uns Wohlthaten verheißen, aber überall Zerstörung und Tod gesäet hat. [1]

Ehe ich weiter in der Beantwortung dieser Frage vorschreite, erlaube man mir ein meinerseits unfreiwilliges Versehen auszugleichen, dessen sich übrigens auch alle Diejenigen schuldig gemacht haben, welche mit der Erforschung der Ursachen der in Rede stehenden Explosionen beschäftigt gewesen sind.

Seit zehn Jahren ist eine große Anzahl von Abhandlungen, Briefen und Notizen über die Ursache der Explosionen der Dampfkessel an die Akademie gerichtet worden, und Niemand, soviel ich weiß, hat den Namen Dumas' erwähnt, auch hat Dumas niemals das Wort ergriffen, um die Entdeckung dieser Ursache für sich in Anspruch zu nehmen. Und dennoch verdanken wir diesem berühmten Chemiker die wahre Theorie dieser Explosionen, welche er bereits vor 30 Jahren in einer so klaren und präcisen Weise gegeben hat, daß alle spätern Untersuchungen nur zum Zwecke der Bestätigung seiner Theorie unternommen worden zu sein scheinen.

Er äußert sich folgendermaßen: „Wie dem auch sei, das Factum ist nicht zu bestreiten. Es muß auf die Gefahren achtsam machen, welche daraus erwachsen, wenn ein Dampfkessel zufällig auf eine sehr hohe Temperatur gebracht wird; denn es kann begegnen, daß derselbe aufhört Dampf zu liefern und durch eine Erniedrigung der Temperatur dennoch die Explosion bewirkt wird. Die Platten aus leicht schmelzbarem Metall sind besonders gegen derartige Gefahren nützlich, weil sie die Temperatur, welche der Apparat annehmen kann, begrenzen; denn es ist sicher, daß ein Ventil in dem Moment, wo diese besondere Erscheinung eintritt, sich nicht mehr öffnen würde.

„Bei den gewöhnlichen Dampfkesseln wird dieser Zufall selten sein, aber er könnte sich sehr häufig ereignen, wenn der Gebrauch der Dampferzeugungsröhren allgemeiner würde. Diese Röhren enthalten nur geringe Mengen Wasser, und da dieselben gewöhnlich ziemlich stark erhitzt werden, so können leicht die für das erwähnte

---

[1] Herr Jobard in Brüssel hatte den glücklichen Gedanken, zu ausgedehnten Versuchen behufs der Entdeckung der wahren Ursachen der Dampfkesselexplosionen aufzufodern. Es ist mir unbekannt, ob das Project zur Ausführung gelangt ist.

Ereigniß nothwendigen Bedingungen eintreten." (Dumas, „Traité de chimie appliquée aux arts", I, 32.)

Das Stillschweigen Dumas' bei einer so wichtigen Frage ist heutzutage, wo man sich bis zur Verzweiflung streitet, charakteristisch. Es macht mir Freude, diesen Zug von seltener, jetzt fast beispielloser Uneigennützigkeit und Entsagung zur allgemeinen Kenntniß zu bringen.

Ich werde mich in diesem Werke nur mit der einen Ursache der Explosionen beschäftigen, welche im sphäroidalen Zustande des Wassers liegt, da die übrigen bereits von verdienten Ingenieuren und Physikern sorgfältig studirt sind.

Auch werde ich die Frage nur von der praktischen Seite behandeln und von jeder Theorie dabei abstrahiren.

Gewiß würde diese Ursache schon seit langer Zeit von Physikern und Ingenieuren in Erwägung gezogen worden sein, wenn man früher erkannt hätte:

1) daß das Wasser in großen Massen den sphäroidalen Zustand annehmen,

2) daß die Erscheinung bei einer Temperatur von + 171° eintreten kann, und

3) daß das Gleichgewicht der Wärme sich niemals zwischen dem Wasser im sphäroidalen Zustande und dem Dampfkessel, dagegen constant zwischen diesem und dem Dampf des Sphäroids herstellt. Da aber durchaus Versuche nöthig sind, um diese Thatsachen darzuthun, so will ich einige beschreiben, durch welche ich zu zeigen hoffe, daß ich nichts aufgestellt habe, was nicht sicher begründet wäre.

Neununddreißigster Versuch. — Man gießt in eine halbkugelförmige Schale von 0,05 Meter bis 0,10 Meter Durchmesser einige Gramm Wasser und setzt sie über eine Spirituslampe mit doppeltem Luftzuge. Die Schale erhitzt sich und theilt die Wärme dem Wasser mit, welches bei 100° zu sieden beginnt. Ueber diese Temperatur hinaus findet keine Erwärmung der Schale statt, und alle Wärme wird im Dampfe latent. Man weiß, daß diese Erscheinung infolge der Gesetze des Wärmegleichgewichts eintritt: Schale und Flüssigkeit bleiben constant auf derselben Temperatur.

Wenn das Sieden stürmisch wird und im Gefäß nur noch wenig Wasser ist, werden Tropfen des letztern emporgeschleudert und fallen im sphäroidalen Zustande auf den Boden der Schale. Gießt man jetzt Wasser, selbst siedendes, in dieselbe, so siedet es nicht mehr und seine Temperatur erhebt sich nicht über 96,5° bis 98°, obgleich

die der Schale beliebig gesteigert werden kann. Diese höchst merkwürdige Erscheinung würde allein genügen, um die Theorien der Wärme vollständig zu modificiren. Es ist fast überflüssig, zu bemerken, daß das Gesetz des Wärmegleichgewichts auf diesen Fall nicht anzuwenden ist, und daß man früher oder später diesem Umstande wird Rechnung tragen müssen.

Wenn man nun unter den erwähnten Umständen plötzlich eine große Masse (einige Gramm) Wasser in die Schale gießt, so breitet sich dies in derselben aus und verdampft fast augenblicklich; oder löscht man, anstatt Wasser hinzuzugießen, die Lampe aus, so verliert die Schale, indem sie sich abkühlt, ihre Repulsionskraft, das Wasser kehrt in den flüssigen Zustand zurück und verdampft mit einer Explosion. In diesen beiden Fällen tritt das Gleichgewicht der Wärme wieder ein.

Vierzigster Versuch. — Statt einer Schale von 0,05 Meter bis 0,10 Meter nimmt man eine solche von 0,50 Meter Durchmesser und einer ziemlichen Stärke; man macht sie glühend und gießt langsam 0,5 bis 2, selbst 3 Litres Wasser hinein. Eine tumultuöse Bewegung, welche dem Sieden ähnelt, entsteht in der Flüssigkeit, und ein hineingesenktes Thermometer zeigt eine Temperatur von + 96° bis + 98°. Die Verdampfung erfolgt sehr langsam und das Wasser wird nach allen Seiten in größern oder kleinern Tropfen hinausgeworfen. Gießt man eine größere Menge Wasser in die Schale und immer auf denselben Punkt, so zeigt ein eigenthümliches Refractionsphänomen an, daß das Wasser die Schale benetzt, wovon man übrigens auch durch die Dampfströme benachrichtigt wird, welche sich aus der Flüssigkeit entwickeln. Verzehnfacht und verhundertfacht man nun die Größe der Schale, so gelangt man zu den Dimensionen der Dampfkessel, und ihre Explosion erklärt sich mit der größten Leichtigkeit.

Einundvierzigster Versuch. — Man gießt 15 bis 20 Gramm destillirtes Wasser in eine fast ebene und rothglühende Silberschale, läßt kaltes Wasser von einem Punkte der Peripherie aus in einem dünnen Strahle zufließen und achtet genau auf den Erfolg: das Sphäroid breitet sich an der Seite des Wasserzuflusses aus, benetzt die Schale und kocht lebhaft, während der andere Theil des Sphäroids seine Form bewahrt, die Schale nicht benetzt und nicht siedet. Erhitzt man in diesem Zustande das Gefäß stark, so kehrt die ganze Wassermasse in den sphäroidalen Zustand zurück; das Gegentheil findet statt, wenn man die Schale erkalten läßt, d. h. das Wasser breitet sich aus, benetzt die Wand und siedet stark.

Bisher haben wir das Wasser nur in vorher erhitzten Gefäßen den sphäroidalen Zustand annehmen sehen, doch noch nicht in solchen, die bereits Wasser enthielten, bevor sie der Wirkung der Wärme ausgesetzt waren. Dies ist in Beziehung auf die Frage, welche wir erörtern wollen, ein wichtiger Punkt, und es ist gut, ja unerlaßlich, denselben streng ins Auge zu fassen. Die beiden folgenden Versuche wurden zu diesem Zwecke angestellt.

Zweiundvierzigster Versuch. — Man nimmt einen kupfernen Trog, wie er zum dreizehnten Versuch gedient hat, aber von der halben Länge, gießt soviel destillirtes Wasser hinein, daß beim Neigen des Gefäßes ein Theil des Bodens unbedeckt ist, und stellt den Apparat in diesem Zustande über eine gute Aeolipyle. Das Wasser kommt schnell zum Sieden, aber der Theil des Troges, welcher unbedeckt ist, nimmt eine viel höhere Temperatur an als der übrige (dem Gesetz des Wärmegleichgewichts entgegen). Wenn man jetzt den Kessel nach der andern Seite neigt, so geht das Wasser, indem es auf die heiße Stelle kommt, in den sphäroidalen Zustand über und bleibt darin, während anderes, das man dazu gießt, denselben Zustand annimmt, bis neue Bedingungen (z. B. Abkühlung) es in den flüssigen Zustand zurückführen.

Es ist leicht zu begreifen, wie dieses Resultat in ausgedehntem Maße am Bord eines Dampfschiffes infolge der Schwankungen desselben eintreten kann.

Der Dr. Normandy gibt die Möglichkeit dieses Falls in weitester Ausdehnung zu. Er sagt:

1) That the heating of surfaces previous to the introduction of water is not necessary to produce the spheroidal state.

2) That many boiler explosions may be referable to that condition.

3) That all boilers which offer an extensive surface to the heat, that is to say, all boilers with internal flues, are preeminently liable to explosions from this cause.

Earthy deposits in all kinds of boilers are favourable to the production of this dangerous phaenomenon.[1]

---

[1] Letter to Doctor Tyndall, „On the Spheroidal State of Water in Steam Boilers, by doctor Normandy" (Philos. Magaz. for april 1854).

Eine Stelle in dem Briefe des Dr. Normandy könnte zu der Annahme verleiten, als seien mir die Arbeiten von Perkins unbekannt. Dies ist ein Irrthum; denn ich habe es mir zur Pflicht gemacht, mehre male den Namen

Der folgende Versuch bestätigt vollkommen die Ansicht Normandy's; er wurde zuerst in der zweiten Auflage dieses Werks mitgetheilt (1847).

Dreiundvierzigster Versuch. — Man vertheilt eine kleine Quantität des unlöslichen Rückstandes von der Bereitung des valeriansauren Zinkoxyds in Wasser[1], gießt dasselbe in eine kupferne oder silberne Schale und stellt diese über ein Kohlenfeuer. Das Wasser fängt schnell zu sieden an und in dem Maße, als es verdampft, setzt sich auf dem Metall ein weißlicher Ueberzug an, welchen das Wasser nicht benetzen kann; endlich tritt ein Augenblick ein, wo die ganze Flüssigkeit sich vom Gefäße trennt und zu sieden aufhört. Seifenwasser mit sehr kalkhaltigem Wasser gemischt bringt einen ähnlichen Effect hervor.

Die Beobachtung dieser eigenthümlichen Thatsache wurde von meinem Sohne gemacht.

Kann man sich hier nicht fragen, ob die Zusätze von Kartoffeln, Soda, Thon u. s. w. zur Verhütung der Incrustationen wirklich ganz ungefährlich sind? Ich meinerseits glaube, daß die Anwendung dieser Substanzen mit Unbequemlichkeiten, ja mit Gefahren verknüpft sein kann.

Vierundvierzigster Versuch. — Man gießt zwei Gramm destillirtes Wasser in einen kugelförmigen Dampfkessel, der mit einem Sicherheitsventil versehen ist, und setzt ihn über eine Spirituslampe mit doppeltem Luftzuge; sobald das Wasser siedet zieht man die Lampe zurück und verstopft den Kessel. Es zeigt sich nichts Außergewöhnliches, der Dampf condensirt sich, im Apparat entsteht eine Leere und der Pfropfen wird mit einer gewissen Kraft gegen das Innere des Kessels festgedrückt. Dies Alles war vorauszusehen.

Fünfundvierzigster Versuch. — Man macht den Boden des Kessels glühend und gießt mittels einer Pipette 2 Gramm destillirtes Wasser hinein. Darauf schließt man das Gefäß und verlöscht die Lampe. Bald darauf hört man ein leichtes Brausen, welches von dem Uebergange des Wassers aus dem sphäroidalen Zustande in den flüssigen herrührt. Im darauf folgenden Moment tritt eine heftige Explosion ein und der Pfropfen, falls er nicht befestigt ist, wird mit

---

dieses Ingenieurs zu citiren und die Nummern der „Annales de chimie" angegeben, in der sich seine Abhandlung befindet.

[1] Ich verdanke diese Substanz der Güte des Herrn Guillemette. Es ist eine Art Seife, die noch nicht näher untersucht ist.

großer Gewalt emporgeschleudert (Fig. 10). Die Erscheinung läßt sich leicht erklären: Wenn das Wasser den sphäroidalen Zustand verläßt, benetzt es den Kessel und verwandelt sich augenblicklich in Dampf, welcher die Explosion bewirkt.

Sechsundvierzigster Versuch. — Derselbe wie der vorige; nur wendet man statt des Pfropfens einen andern an, durch welchen eine Röhre geht, die in eine $1/_2$ Millimeter weite Oeffnung endigt. Durch diese dringt ein schwacher Dampfstrahl, welcher äußerst geringe Spannung besitzt; sobald jedoch das Wasser den flüssigen Zustand annimmt, strömt der Dampf mit äußerster Schnelligkeit durch das Röhrchen, und der Pfropfen wird unmittelbar darauf und ebenso heftig als im vorigen Versuche in die Luft geschleudert (Fig. 11 a. f. S.).

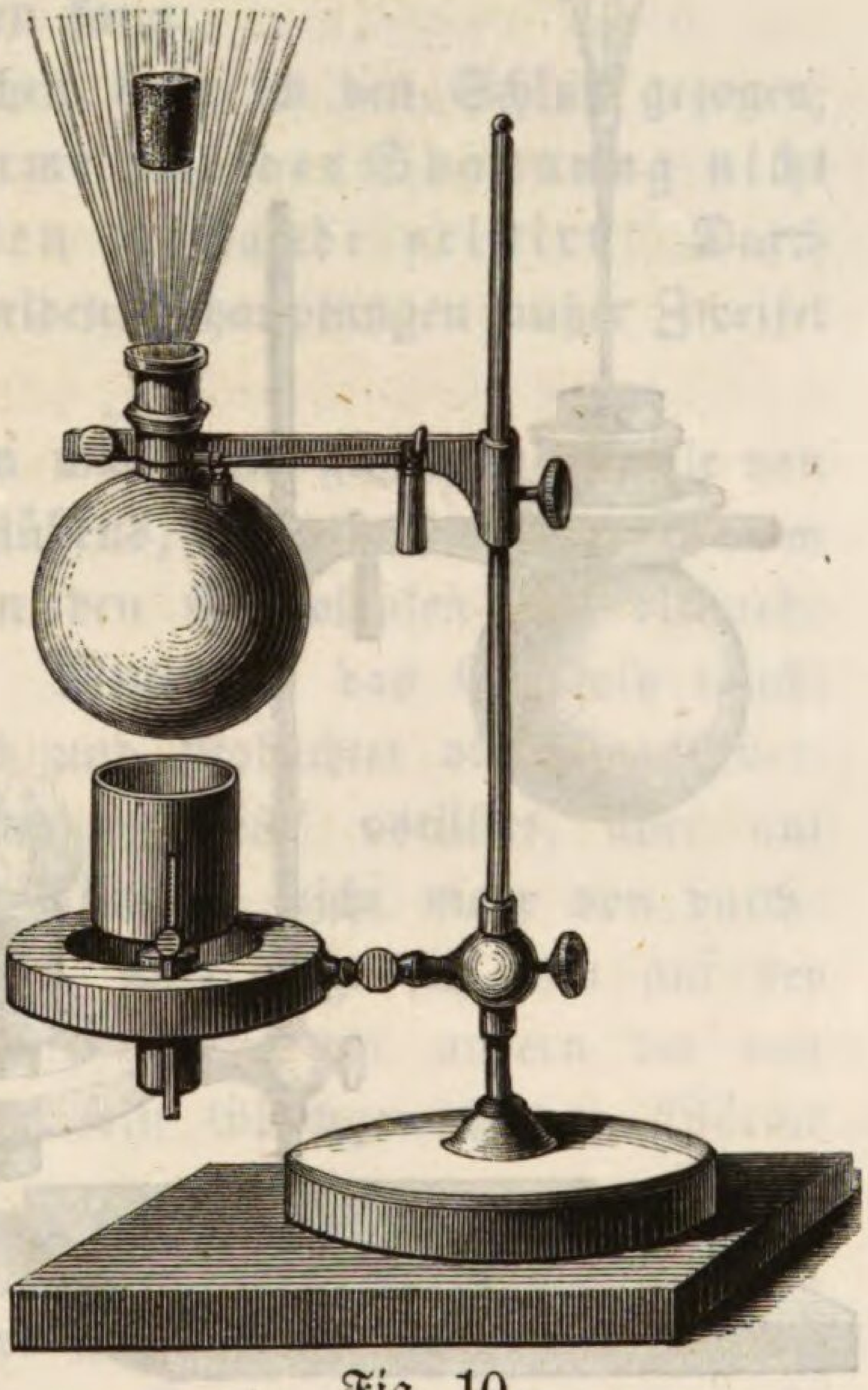


Fig. 10.

Hier repräsentirt die kleine Oeffnung ein Sicherheitsventil, welches in den gewöhnlichen Fällen ausreicht, aber nicht bei der Entwickelung einer großen Masse von Dampf genügen kann. Die Explosion ist die natürliche Folge dieses mangelhaften Dampfabzugs. Erweitert man jedoch die Oeffnung bis zu 3 oder 4 Millimeter, so tritt keine Explosion ein, weil jetzt der Dampf ebenso schnell entweichen kann, als er sich bildet. Es muß hier bemerkt werden, daß eine Oeffnung von 3 bis 4 Millimeter Durchmesser in Verhältniß zu der Wassermenge (2 Gramm), welche plötzlich in Dampf verwandelt werden kann, als sehr groß zu betrachten ist.

Siebenundvierzigster Versuch. — In den letzten Versuchen ging das Wasser aus dem sphäroidalen Zustand in den flüssigen über infolge der Entfernung der Wärmequelle, oder was Dasselbe, durch die Abkühlung des Kessels. Im gegenwärtigen Versuche wird man denselben Erfolg durch Zusatz von kaltem Wasser eintreten sehen.

Man erhitze den Boden des oben beschriebenen Ballons und gieße 2 Gramm destillirtes Wasser hinein. Man läßt die Lampe unter dem

Apparat und verschließt diesen durch einen doppelt durchbohrten Kork, in dessen Oeffnungen zwei Röhren stecken: die eine ist Sförmig gebogen, der aufwärts gerichtete Schenkel mißt 0,40 Meter; die andere endigt mit einer feinen Oeffnung. Man gießt nun kaltes Wasser durch das Sförmige Rohr und beobachtet die Haarröhre. Sobald eine gewisse Menge Wasser in den Apparat gelangt ist, schießt ein heftiger Dampfstrahl aus der Haarröhre, der Pfropfen wird gewaltsam in die Luft geschleudert und die Röhren zertrümmert.

Dieser Versuch ist gefährlich; er hört es jedoch auf zu sein, wenn man die Haarröhre durch eine andere mit 3—4 Millimeter weiter Oeffnung ersetzt. Jetzt entwickelt sich statt der Explosion ein continuirlicher Dampfstrahl.

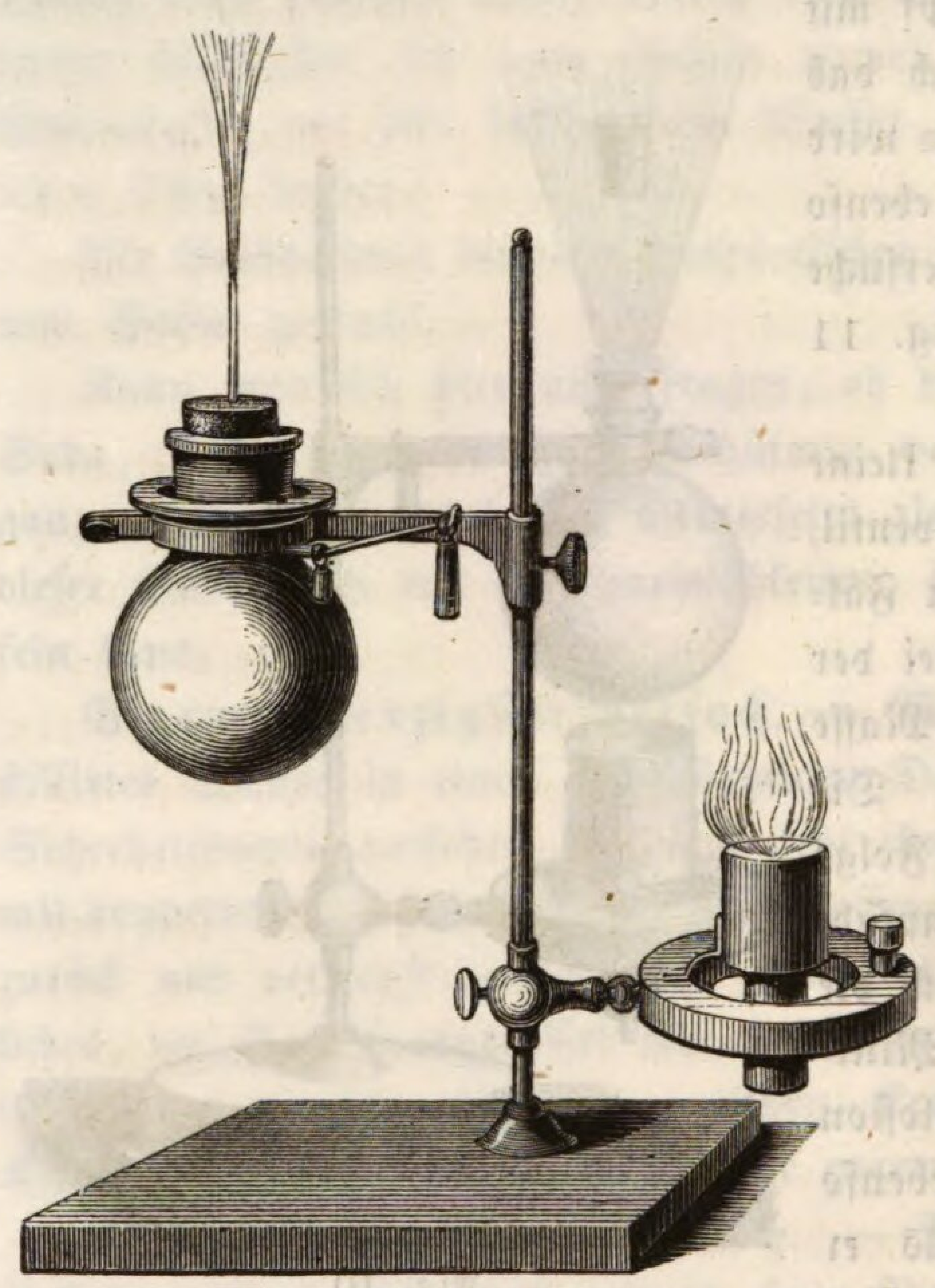


Fig. 11.

Auch wenn man mittels einer Druckpumpe kaltes Wasser in den Apparat zu bringen sucht, ist der Versuch ohne Gefahr. Ein Ventil, welches sich von unten nach oben schließt, verhindert, daß der Dampf den Stempel der Pumpe in die Höhe treibt.

Achtundvierzigster Versuch. — Man gießt 2 Gramm Wasser in den Ballon und schließt ihn mit einem angebundenen Pfropfen. Man erhitzt das Gefäß über der Lampe und achtet auf die Bewegungen des Pfropfens; alsbald wird er durch die Spannkraft des Dampfes in die Höhe geschleudert. Man drückt ihn von neuem in die Oeffnung, worauf er abermals emporgetrieben wird; man schließt zum zweiten, darauf zum dritten und letzten male, denn es gelingt selten, mehr als drei Detonationen mit dieser Wassermenge zu erzielen. Aber man begreift, daß die Zahl der Detonationen eine größere oder geringere sein wird, je nach der Capacität des Ballons, dem Durchmesser seiner Oeffnung, der Dichtigkeit des Verschlusses u. s. w.

Neunundvierzigster Versuch. — Man macht den Ballon glühend, gießt 2 Gramm destillirtes Wasser hinein und verschließt dann den mit demselben angebundenen Pfropfen, der zum vorigen Versuch gedient hat. Er fliegt empor; man schließt wieder, er wird abermals herausgeworfen und so 12, 13 auch 14 mal hintereinander. Der Zwischenraum zwischen je zwei Detonationen variirt von 8 bis 12 Secunden.

Dieser Versuch führt zu einem neuen System von Dampfkesseln, begründet auf dem mangelnden Gleichgewicht von Wärme und Spannung; aber große Schwierigkeiten sind noch zu überwinden, bevor dies System in die Praxis übergehen kann.

Aus den vorhergehenden Versuchen habe ich den Schluß gezogen, daß das Gleichgewicht der Wärme und der Spannung nicht für die Körper im sphäroidalen Zustande existirt. Durch den nachfolgenden glaube ich diese beiden Behauptungen außer Zweifel gesetzt zu haben.

Funfzigster Versuch. — Man macht eine gußeiserne Schale von ungefähr 0,12 Meter Durchmesser glühend, gießt 100—150 Gramm destillirtes Wasser hinein, welches in den sphäroidalen oder vielmehr den ellipsoidalen Zustand übergeht. Mitten in das Ellipsoid taucht man die Kugel eines Thermometers und beobachtet die Quecksilbersäule, welche zwischen + 96° und + 98° oscillirt, aber auf + 96,5° stehen bleibt, sobald das Ellipsoid nicht mehr von durchdringenden Dampfblasen bewegt wird. Hier zeigt sich also auf der einen Seite die Temperatur von 96,5°, auf der andern die von + 700—800°: offenbar kann hier kein Gleichgewicht der Wärme stattfinden.

Ich gestehe zu, daß man, verfährt man wie angegeben, nicht vor jeder Chance des Irrthums gesichert ist; aber die Möglichkeit eines Irrthums von einem oder selbst mehren Graden, angesichts einer so außerordentlichen Thatsache, durfte mich durchaus nicht zurückhalten. (S. den zwölften Versuch.)

Einundfunfzigster Versuch. — Man macht den Kessel glühend und gießt 5 bis 10 Gramm destillirtes Wasser hinein, darauf senkt man ein Thermometer ein, doch so, daß die Kugel das Sphäroid nicht berührt, ihm aber so nahe als möglich steht.

Man sieht das Quecksilber schnell bis zu einer Höhe steigen, die ich nicht genau anzugeben weiß; denn ein Thermometer, welches bis + 300° getheilt war, wurde infolge der Ausdehnung des Quecksilbers über diese Grenze zerbrochen.

Man wird mir entgegnen, daß diese Temperatur eine Folge der Strahlung des Gefäßes gewesen; doch dem kann nicht so sein, denn es steht der Annahme nichts entgegen, daß die Wärme des Dampfes sich mit der des Ballons in Gleichgewicht setze. Und in der That findet dies statt, wie augenblicklich bewiesen werden soll.

In diesem Versuche, wie auch in dem vorhergehenden, existirt kein Gleichgewicht der Wärme, kein Gleichgewicht des Dampfes. (S. den neunzehnten Versuch.)

Zweiundfunfzigster Versuch. — Nehmen wir den vorigen Versuch in dem Moment wieder auf, wo das Thermometer 200° zeigt, und gießen soviel kaltes Wasser in das Gefäß, daß es den flüssigen Zustand annimmt, und beobachten die Thermometerscala. Sobald das Wasser den sphäroidalen Zustand verlassen hat, kocht es lebhaft, der Raum des Kessels füllt sich mit Dampf und das Thermometer sinkt plötzlich auf + 100°. Warum? Weil das Wasser, sobald es den sphäroidalen Zustand verläßt, selbst und mit ihm der ganze Apparat den Gesetzen des Wärmegleichgewichts folgt.

Es ist weiter oben gesagt worden, daß der Dampf der Körper im sphäroidalen Zustande die Temperatur des Gefäßes annimmt, welches ihn einschließt. Prüfen wir, ob dies der Fall ist.

Man wird sich erinnern, daß man im neunundvierzigsten Versuch 12 oder 14 Detonationen mit einer gegebenen Wassermenge hervorbringen konnte, während dieselbe Menge im flüssigen Zustande nur drei oder höchstens vier bewirkte; man erinnert sich ferner, daß das Wasser im sphäroidalen Zustande nur sehr wenig Dampf gibt (sechsundvierzigster Versuch), und endlich, daß es dabei constant die Temperatur von + 96,5° zeigt. Wenn jenes nun der Fall ist und man trotz der wenigen Dämpfe einen dreifachen Krafteffect erhält von dem, welcher mit Wasser im flüssigen Zustande erzielt werden kann, wenn man ferner in beiden Fällen die gleiche Menge Wärme anwendete: so muß man nothwendig zugeben, daß der Mangel an Dampf durch die hohe Temperatur desselben compensirt wird. Auch ist ja in der That bekannt, daß die Spannung des Dampfes nicht seiner Temperatur proportional ist, sondern daß sie in viel bedeutenderm Verhältnisse zunimmt als letztere.

Die Spannung des Dampfes ist mit Vernachlässigung der Brüche bei:

+ 100° = 1 Atmosphäre
+ 265° = 50 „
+ 311° = 100 „
+ 516° = 1000 „

Ich lasse noch einen Versuch folgen, welcher nicht weniger entscheidend ist als die vorhergehenden.

Dreiundfunfzigster Versuch. — Dieselbe Zurichtung wie zum neunundvierzigsten Versuch. Sobald man das Wasser in den Apparat gegossen, verkleinert man die Flamme der Lampe, was eine Erniedrigung der Temperatur des Kessels bewirkt; man schließt denselben mittels eines angebundenen Pfropfens und notirt die Zeit, welche zwischen je zwei Detonationen verstreicht: sie beträgt 1 Minute 10 Secunden, 1 Minute 15 Secunden bis 1 Minute 40 Secunden, und selten wird man mehr als drei oder vier Explosionen erzielen: hier muß die niedrigere Temperatur durch eine größere Dampfmenge ausgeglichen werden. Es ist bemerkenswerth, daß man fast dieselbe Wirkung erhält als im achtundvierzigsten Versuch. Ich glaube nicht hinzufügen zu müssen, daß im vorliegenden Versuch das Wasser den sphäroidalen Zustand nicht verläßt. Hiermit ist ferner bewiesen, daß sich in Dampfkesseln das Wasser im sphäroidalen Zustande befinden kann, ohne von den Heizern bemerkt zu werden; denn die Maschinen verrichten wie beim gewöhnlichen Zustande des Wassers ihren Dienst, ohne daß irgendetwas einen abnormen Zustand vermuthen läßt, vorbehaltlich jedoch des Wasserstandes und zweier Thermometer, von denen eins in das Wasser, das andere in den Dampf gesenkt ist. Es versteht sich von selbst, daß bei Dampfkesseln, die so vielen Erschütterungen ausgesetzt sind, keine gläsernen Thermometer angewendet werden können; aber ich glaube, daß die Instrumente von Clément, Collardeau, Gally-Cazalat u. s. w. ihrem Zwecke vollkommen entsprechen, da sie beständig die Temperatur des Wassers wie die des Dampfes anzeigen. Eine große Differenz zwischen diesen beiden Temperaturen würde das Zeichen einer drohenden Gefahr sein.

Der eben beschriebene Versuch zeigt ferner, daß die im einundfunfzigsten Versuch gefundene Temperatur wirklich die des Dampfes ist, und daß die Strahlung der Kesselwände fast keinen Einfluß auf das Thermometer übt. Uebrigens ist es sehr möglich, daß die Wärmereflexion, zu deren Annahme wir im vierten Paragraph dieses Buches gelangt sind, durch die Atmosphäre der Sphäroide geschieht; und wenn dem so ist, so wäre die Strahlung gleich Null und ohne allen Einfluß auf das Thermometer. Indeß sieht man ein, daß der Dampf selbst sich nur durch die Wände des Gefäßes erhitzen kann, sei es nun infolge der Berührung oder durch Strahlung.

Wenn die durch das Thermometer angezeigte Temperatur durch die Strahlung und nicht durch den Dampf erzeugt würde, so müßte

die Tension des letztern in Beziehung zur Temperatur des Wassers stehen, welche wie bekannt unter dem normalen Druck der Atmosphäre = 96,5° ist, und diese Spannung wäre geringer als 1 Atmosphäre. Vergleicht man den neunundvierzigsten und dreiundfunfzigsten Versuch miteinander, so ist klar, daß die Spannung bei jenem enorm, dagegen schwach bei diesem ist. Im erstern Falle hat man wenig Dampf und viel Wärme, im letztern viel Dampf und wenig Wärme.

Mit andern Worten: im achtundvierzigsten und dreiundfunfzigsten Versuch operirt man mit Dampf von niedriger Temperatur und niedriger Spannung, und im neunundvierzigsten mit überhitztem Dampfe.

Im neunundvierzigsten Versuch ist wenig Dampf und viel Wärme, das heißt wenig latente oder statische Wärme und viel fühlbare oder dynamische Wärme vorhanden; während man im achtundvierzigsten und dreiundfunfzigsten Versuche viel Dampf oder statische Wärme und wenig dynamische Wärme hat.

Diese Resultate bestätigen die Ansichten Montgolfier's, die in gleicher Weise durch die schönen Untersuchungen von Seguin, Joule, Hirn, Mayer, Regnault, Thomson u. s. w. bestätigt worden sind.

Ich will noch hinzufügen, daß die vorhergehenden Versuche bereits im Jahre 1846 veröffentlicht worden sind.[1]

Nachdem es heute durch diese Versuche und viele andere feststeht, daß die Wärme nur Bewegung ist, glaube ich, wird man nicht abgeneigt sein, die Worte statische statt latenter und dynamische statt fühlbarer Wärme zu adoptiren.

Ich bin weit entfernt, die hohe Bedeutung der Arbeiten zu verkennen, welche viele Physiker über die Wärme geliefert haben, indeß wie viele dieser Arbeiten sind durch meine Untersuchungen veranlaßt! Es kommt mir nicht bei, hier irgendeine kleinliche Frage nach der Priorität zu erheben! aber indem ich für die Zukunft arbeite, darf ich mir wohl erlauben, der Zukunft die Sorge aufzuerlegen, die in diesem bescheidenen Werke enthaltenen Ansichten ans Licht zu ziehen.

Es ist bekannt, daß seit einigen Jahren der Gebrauch des überhitzten Wasserdampfes theils als Wärmequelle, theils als treibende

---

[1] Nouvelle branche de physique, ou Études sur les corps à l'état sphéroïdal, S. 50 fg.

Kraft sehr in Aufnahme gekommen ist, und ich bin der Ansicht, daß sich seine Anwendung noch mehr ausdehnen wird, da er ungleich weniger kostet als Dampf von 100°.

Die mitgetheilten Versuche sind fast alle in ausgedehntem Maße in Gegenwart der wissenschaftlichen Versammlung von Milan wiederholt worden. Ich werde bald Gelegenheit haben, die Meinung des Professors Belli über meine Versuche mitzutheilen.

Untersuchen wir nun, in welchen Fällen das Wasser in den Dampfkesseln in den sphäroidalen Zustand übergehen, und wie es Ursache der Explosionen werden kann.

Wenn die Oeffnungen des Kessels verschlossen sind, was sehr oft vorkommt, so steigt die Temperatur fortwährend. Das Wasser, welches er enthält, ist der Einwirkung zweier Kräfte ausgesetzt, welche sich gegenseitig aufheben: diese Kräfte sind der auf die Oberfläche durch den Dampf ausgeübte Druck und die Repulsionskraft des Kessels, welche von unten wirkt. Oeffnet man jetzt plötzlich einen Hahn [1], so entweicht der Dampf durch diese Oeffnung, es entsteht ein leerer Raum, das Wasser wird vom Boden des Gefäßes abgestoßen, durch den leeren Raum darüber, der sich fast augenblicklich gebildet hat, gewissermaßen emporgezogen und so in den obern Theil des Kessels geschleudert. Aber alles Dies dauert nur einen Au=

---

[1] Nichts ist gefährlicher, als plötzlich einen Dampfabzugshahn zu öffnen, vorzüglich wenn die Spannung sehr hoch ist. Die Verfasser, welche über diesen Gegenstand geschrieben, haben diesen Punkt nicht genügend berücksichtigt.

Indeß muß man M. R. Armstrong hiervon ausnehmen, welcher sagt: „Bearing in mind what is said on the subject of surcharged steam, and the peculiar hability there is of boilers exploding exactly at the moment or soon after the valve is opened for starting an engine, there is reason to believe that many explosions may be accounted for by a *coincidence* of two or more distinct causes. — One of them always being *the sudden opening of the safety or other valve....*" *

Um die Gefahr, welche in dem plötzlichen völligen Oeffnen eines Hahns liegt, zu würdigen, genügt es, sich zu erinnern, daß die meisten Explosionen bei stehenden Dampfmaschinen früh, d. h. in dem Momente, wo die Maschine in Gang gesetzt wird, oder Abends, wenn man den Dampf fortläßt, stattfindet; oder bei Schiffen im Momente der Abfahrt, oder nach einem Halt in dem Augenblick, wo sie sich von neuem in Bewegung setzen, auf das Commando „Vorwärts". Aus diesem Grunde kann der Hebelarm am Schlüssel des Hahnes nie zu lang sein.

* A rudimentary treatise on Steam Boilers; their construction and practical management, by Robert Armstrong. 1840, S. 128.

genblick; das Wasser fällt zufolge der Schwere auf den Boden des Kessels zurück und geht in den sphäroidalen Zustand über (neununddreißigster Versuch). Jetzt wird wenig Dampf gebildet, das Gleichgewicht der Wärme existirt nicht mehr, die Explosion ist drohend und kann auf zweierlei Weise eintreten: 1) durch Hinzufügung einer gewissen Menge kalten Wassers (vierzigster und siebenundvierzigster Versuch), oder 2) durch Verlöschung des Feuers (einundvierzigster, fünfundvierzigster und sechsundvierzigster Versuch).

Dreiundfunfzigster[b] Versuch. — Ein Versuch des Herrn Melsens, der mir denselben mitgetheilt hat, muß hier eine Stelle finden.

Man nimmt einen gußeisernen, auf seiner Oberfläche mit Wachs oder Fett bestrichenen Topf und gießt eine hinreichend dicke Schicht Quecksilber hinein, um die Kugel eines kleinen Thermometers zu bedecken; dann fügt man destillirtes Wasser hinzu und erhitzt. Das Thermometer steigt gradweise bis 100°, dann weiter bis 130° und sogar noch höher, während die Temperatur des Wassers immer + 100° bleibt.

Man sieht, daß bei diesem Versuch das Gleichgewicht der Wärme mangelt, und kann daraus schließen, daß die Temperatur eines Dampfkessels sich in gewissen Fällen wol so weit erheben kann, daß das Wasser isolirt wird und in den sphäroidalen Zustand übergeht. Dies ist die Meinung des Herrn Melsens und auch die meinige.

Das Wasser in Dampfkesseln kann ferner in den sphäroidalen Zustand übergehen, wenn diese nur wenig davon enthalten, was durch Nachlässigkeit oder durch einen Zufall an der Speisepumpe u. s. w. eintreten kann; wird dann von neuem Wasser zugeführt, so erfolgt sofort die Explosion.

Die Theorie der Explosionen, welche ich hiermit schnell entworfen, wird ohne Zweifel bei Denen Geltung haben, welche sich der Versuche zweiundvierzig, dreiundvierzig und dreiundfunfzig[b] erinnern, die als entscheidend zu betrachten sind. Hier kann das Wasser um so leichter in den sphäroidalen Zustand übergehen, als dasjenige, welches durch das Speiserohr in den Dampfkessel getrieben wird, fast immer nahezu bis 100° erwärmt ist; denn dieses Wasser, welches dem Kessel keine Wärme zu entziehen braucht, befindet sich in den günstigsten Umständen, um in den sphäroidalen Zustand überzugehen, ohne jenen abzukühlen. Allerdings könnte die Schnelligkeit, mit welcher es einströmt, den Contact bewirken, und wahrscheinlich würde dieser Erfolg von einer Säule kalten Wassers hervorgebracht werden, welches,

ohne sich zu theilen, auf den Boden des Kessels aufschlüge; aber nicht von einer Masse heißen Wassers, das durch die kleinsten Widerstände entweder in der Ausflußöffnung des Speiserohrs oder in der Atmosphäre des Kessels getheilt wird.

Im vierzigsten Versuch sehen wir eine hinzugegossene Masse kalten Wassers die Schale benetzen, aber es ist nicht leicht, dies Resultat zu erhalten. Im siebenundfunfzigsten Versuch hingegen werden wir kaltes Wasser, vom Pantheon herabgegossen, sehr leicht in den sphäroidalen Zustand übergehen sehen.

Um die Explosionen der Dampfmaschinen infolge des sphäroidalen Zustandes klar zu begreifen, muß man die zwei Grundwahrheiten festhalten: daß das Gleichgewicht der Wärme nicht zwischen dem Sphäroid und dem Kessel, dagegen wol zwischen diesem und dem Dampf existirt. Behält man dies im Auge, so wird man leicht diese schrecklichen Explosionen erklären können, denen nichts widersteht und denen, ich muß es behaupten, nichts widerstehen kann.

Nehme man den Fall, daß in einem Dampfkessel von 100 Litres Inhalt nur 10 Litres Wasser, und diese im sphäroidalen Zustande seien; sei ferner die Temperatur des Kessels + 600° bis 700° und die des Wassers 96,5° (Versuch vierzig und funfzig). Jetzt führe man dem Kessel eine genügende Menge Wasser zu, um den sphäroidalen Zustand des darin befindlichen zu vernichten (Versuch vierzig, einundvierzig, siebenundvierzig), so werden sich unmittelbar darauf wenigstens 17,000 Litres Dampf bilden, deren Temperatur sich mit der des Kessels in Gleichgewicht setzt, wodurch die Spannung auf einen enormen Grad gesteigert werden muß. Ist es nothwendig zu wiederholen, daß nichts einer solchen Gewalt widerstehen könnte? Die Kessel würden ebenfalls platzen, wenn das Wasser infolge einer geringen Abkühlung den sphäroidalen Zustand verließ (Versuch fünfundvierzig und sechsundvierzig). Zieht man zu dieser Ursache noch die Zersetzung des Wasserdampfes, welche stets in eisernen Kesseln die Wasser im sphäroidalen Zustand enthalten, stattfindet, in Betracht, so wird man sich eine wahre Idee von diesen entsetzlichen Explosionen machen können, welche überall Trauer und Untergang im Gefolge haben.

Ich bin indeß nicht der Meinung, daß eine Wiederbildung von Wasser im Innern des Kessels stattfinden könne, wie dies Jobard voraussetzt; aber ich gebe zu, und Jeder wird mir beistimmen, daß die Widerstandsfähigkeit der Maschinen durch ihre Oxydation auf Kosten des Sauerstoffs des Wassers vermindert wird.

Der gelehrte Director des Museums der belgischen Industrie hat seine Theorie nicht aufgegeben, aber er hat sie modificirt, und jetzt hat sie viel für sich.

Lassen wir Herrn Jobard selbst reden:

„Wenn das Saugrohr der Speisepumpe aus irgendwelchem Grunde kein Wasser mehr zieht, so wird Luft in den Kessel gepumpt; das Wasser sinkt, die Seiten des Kessels werden glühend und überziehen sich mit einer Haut aus vegetabilischen und animalischen Ueberresten, welche stets auf dem Wasser der Dampfkessel, die eine gewisse Zeit in Gebrauch gewesen sind, umherschwimmen.

„Man sieht ein, daß diese Substanzen in Berührung mit den glühenden Kesselwänden sich zersetzen und Wasserstoffgas bilden müssen, während die Pumpe Sauerstoff liefert und so ein explosives Gasgemenge zubereitet. Ist die Zersetzung beendigt, so wird die zurückbleibende Kohle glühend und entzündet die comprimirte Knallluft. Die Wirkungen derselben müssen ungleich heftiger sein, als die desselben Gemenges an freier Luft. Der Kessel mit Pulver gefüllt, würde nicht mit der Gewalt detoniren, als welche sich bei der Explosion von Vieux-Valeffe entwickelte, die wir beschrieben haben." [1]

Man muß bei diesen Explosionen auch den Stoß berücksichtigen, der zuweilen in dem Moment, wenn das Wasser seinen Zustand ändert, stattfindet. Man weiß, daß eine Flasche, welche einem allmälig gesteigerten Druck von 10 Atmosphären Widerstand leistet, mit Wasser gefüllt einem in ihrem Innern zerspringenden Glastropfen nicht widersteht (Bellani und Séguier).

Uebrigens ist gegenwärtig die Theorie der Dampfkesselexplosionen infolge des sphäroidalen Zustandes allgemein angenommen; einige Ingenieure halten diesen sogar für die einzige Ursache dieser Vorfälle. [2]

---

[1] La Science vom 28. Mai 1856.

[2] Die Commission zur Ueberwachung der Dampfmaschinen zu Dieppe, bestehend aus den Herren Aribaut, Mercadier, Leclerc, Lefebre und Legal, hat dem Marineminister vorgeschlagen, eine Reihe von Untersuchungen zur Lösung des wichtigen Problems anstellen zu lassen.

Es folgt hier ein Auszug aus dem Berichte dieser Commission vom 22. Sept. 1853:

„...... Die Commission hat sich daher gefragt, welcher Ursache der größte Theil dieser Explosionen zuzuschreiben sei. Diese Ursache liegt in einem Phänomen von schrecklicher Gewalt und momentaner Wirkung: die Commission

Gehen wir jetzt zur Erörterung des andern Theils der Frage über, wie der Uebergang des Wassers in den sphäroidalen Zustand zu verhindern sei.

In dieser Beziehung muß ich gestehen, daß ich nur Vermuthungen aussprechen kann. Es ist sicher, daß man in den meisten Fällen durch unausgesetzte Aufmerksamkeit, gute Schwimmer, Lärmpfeifen u. s. w., und hauptsächlich durch stets gut arbeitende Speisepumpen jeder Explosion vorbeugen könnte. Zum Unglück wird dem nicht immer so sein können. Man muß daher nach einem Mittel suchen, um den Eintritt des sphäroidalen Zustandes zu verhindern; aber wie bereits erwähnt: Alles was ich hierüber zu sagen habe, beschränkt sich nur auf Vermuthungen.

Ich habe seit dem Beginn meiner Studien über den sphäroidalen Zustand (1836) bemerkt, daß eine glatte Oberfläche einen großen Einfluß auf dies Phänomen ausübt, und mir ist infolge dessen die Idee gekommen, den Boden der Dampfkessel mit Stacheln auszukleiden. Ich habe ferner bemerkt, daß Wasser, welches Salze aufgelöst enthält, weniger leicht in den sphäroidalen Zustand übergeht als anderes, welches frei davon ist, woraus ich schloß, daß es nützen könnte, wenn man irgendein Salz, am besten ein zerfließliches, wie Chlorcalcium, in Wasser auflöste; aber beide Vorsichtsmaßregeln verhindern doch nicht absolut den Eintritt des sphäroidalen Zustandes.

Andererseits würden auf dem Boden befestigte Stacheln Unbequemlichkeiten bieten und die Reinigung des Kessels schwierig, wenn nicht gefährlich machen. Weiter kam mir die Idee, in den Dampfkesseln bewegliche eiserne Spiralen oder vierseitige Prismen in der Art an-

---

glaubt dieselbe nur in dem sphäroidalen Zustande des Wassers im Dampfkessel suchen zu müssen. Befindet sich das Wasser in dem sphäroidalen Zustande und wird es dann durch irgendwelche Umstände wieder in den flüssigen zurückgeführt, so entwickelt sich plötzlich eine so immense Masse Dampf, und dieser ist von so hoher Spannung, daß die Explosion nothwendig erfolgen muß. In dieser Ueberzeugung hielt die Commission es für ihre Pflicht, die Aufmerksamkeit der Regierung auf diese Hypothese lenken zu müssen, und sie spricht den Wunsch aus, die Regierung möge eine Reihe von Untersuchungen anordnen, damit erörtert werde, ob die angegebene Ursache im Allgemeinen wirklich die einzige sei, und welche Mittel zur Verhütung derselben anzuwenden sein würden.

„Alle mitgetheilten Beschlußfassungen und Meinungen erfolgten seitens der anwesenden Mitglieder mit Stimmeneinhelligkeit u. s. w."

(Folgen die Unterschriften.)

zubringen, daß eine Kante senkrecht über der Fläche läge, auf welcher sie befestigt sein würden. Letztere Anordnung scheint mir gut und verdient, wie ich glaube, versucht zu werden. Unerlaßlich wird es auch, eine andere Methode der Heizung zu versuchen; die Heizung von unten dürfte durch eine seitliche ersetzt werden. Wenn ich gut unterrichtet bin, so sind schon mehre Dampfkessel nach diesem letztern System construirt und haben bis zu diesem Tage tadellos gearbeitet.

Wenn nun das Wasser in den sphäroidalen Zustand übergegangen ist, so fragt es sich, wie die Explosion des Kessels zu verhindern sei.

Tritt der Fall auf offenem Meere ein, während man gegen Wind und Strömungen oder gegen ein feindliches Schiff ankämpft, so muß man, wie im neunundvierzigsten Versuch, mit Heizen fortfahren und dabei die größte Sorge darauf richten, ein starkes Feuer zu unterhalten und nur geringe Mengen Wasser auf einmal nachzufüllen. Ereignet sich der Fall hingegen auf dem festen Lande oder auf einem Flusse, so hält man die Maschine an, heizt stark weiter und beeilt sich, den Kessel durch alle zur Verfügung stehenden Mittel zu entleeren; dann läßt man ihn erkalten und führt einen Luftstrom durch, um das Wasserstoffgas, welches er fast immer enthält, daraus zu verdrängen.

Wenn neue Thatsachen uns zwingen, gewisse Phänomene anders zu erklären, als bis zum Moment ihrer Erscheinung geschehen, darf man nicht anstehen, dieselbe Sache mit andern Ausdrücken und unter anderer Form mehre male zu wiederholen. Was nicht gleich zu Anfang verstanden worden ist, kann es später werden, wenn der Geist bereits durch frühere Lectüre darauf vorbereitet ist, und dies bestimmt mich, hier fast ganz die Discussion zu wiederholen, die sich in der ersten Auflage dieses Werkes findet.

Wenn man Berechnungen über die Zahl der Personen anstellte, die durch Dampfkesselexplosionen auf dem festen Lande sowol wie auf Dampfschiffen verstümmelt oder getödtet worden sind, so würde man ein Resultat erhalten, welches sicherlich selbst den festesten Geist erschüttern müßte.[1]

Indessen ist nicht zu leugnen, daß die Maschinenfabrikation im höchsten Grade vorgeschritten ist. Niemand wird die hohe Vollendung der Maschinen verkennen, welche gegenwärtig aus den Werkstätten der Mechaniker hervorgehen. Ebenso ist es allbekannt, mit

---

[1] In den Vereinigten Staaten ergeben sich in einem einzigen Jahre 1018 Opfer.

welcher Sorgfalt und Geschicklichkeit das Eisen verarbeitet wird, und welche Vorsichtsmaßregeln man gebraucht, um die Verwendung von schlechtem Stahl und Gußeisen zum Bau von Dampfkesseln zu verhindern.

Aber ungeachtet aller dieser Thatsachen sind die Explosionen heutzutage verhältnißmäßig ebenso häufig, als sie es vor fünf, vor zehn Jahren waren. Was ist die Ursache davon? Wie kommt es, daß von den gebildetsten Ingenieuren und den geschicktesten Maschinenbauern doch immer nur unvollkommene Kessel gebaut werden, sodaß man an dem Orte, wo diese sich finden, niemals in voller Sicherheit ist?

Der Grund ist folgender:

Zu allen Zeiten hat man immer die lächerliche Anmaßung gehabt, zu sagen, die Wissenschaft werde in diesem oder jenem Gegenstande nicht weiter fortschreiten. Zu allen Zeiten hat es sich wiederholt, daß eine unerwartete Entdeckung in einem Tage das ganze Gerüst unserer Theorien über den Haufen geworfen und uns das Leere unserer Speculationen gezeigt hat. Und dieser hochmüthigen Abgeschmacktheit ist hauptsächlich der langsame Fortschritt der Wissenschaften beizumessen, und zwar in einem weit höhern Grade, als den sachlichen Schwierigkeiten, die sich der Erforschung der Naturgesetze entgegenstellen, von welchen, man mag sagen was man will, nur eine sehr kleine Zahl erkannt ist.

Ganz Dasselbe hat in Beziehung auf die Dampfmaschinen stattgefunden. Man hat gesagt: Die Theorie der Wärme ist thatsächlich vollkommen ausgebildet, sie besitzt die Gewißheit eines mathematischen Satzes. Sie ruht auf einer unerschütterlichen Basis, dem Gleichgewicht der Wärme. Und vom Gleichgewicht der Wärme zum Gleichgewicht der Spannung war nur ein Schritt; ohne Zögern wurde er gethan, und nun fügte man hinzu: Man bringe an den Dampfkesseln einen Schwimmer, ein Manometer und schmelzbare Platten an, so wird man ruhig in ihrer Nachbarschaft schlafen können. Aber wie häufig folgte ein schreckliches Erwachen, wie viele Menschen sind aus den Armen des Schlafes in die des Todes gefallen, als Opfer einer trügerischen Theorie!

Am 25. October 1838 habe ich dem Präsidenten der Akademie der Wissenschaften mitgetheilt, daß der sphäroidale Zustand des Wassers eine wichtige Stelle bei gewissen Explosionen der Dampfkessel spielen dürfte, und daß man diesem Phänomen hauptsächlich die fürchterlichen Ereignisse zuschreiben müßte, welche unaufhörlich Schrecken in der Gesellschaft verbreiten.

Das „Journal de Paris" vom 4. Sept. 1839 annoncirt mit folgenden Worten die Explosion des Butterfly:

„Nach einer Correspondenz aus den Vereinigten Staaten hat soeben ein neues Unglück, durch die Explosion eines den Delaware hinabfahrenden Dampfschiffs, Veranlassung zu einem Proceß gegeben, dessen Ausgang seinerzeit ohne Zweifel zu unserer Kenntniß gelangen wird. Der Butterfly of Salem (der Schmetterling von Salem), der Stolz des Delaware, auf den Flügeln des Dampfes die Gewässer durchfurchend, ahnte wol nicht, daß er einst in den richterlichen Archiven von Pennsylvanien figuriren würde. Es ist wahr, daß die Dampfschiffahrt bisjetzt noch nichts gethan hat, um die zum Unglück nur allzu sehr erprobten Mängel des ursprünglichen Systems der Locomotion zu beseitigen. Der Butterfly war ausersehen, auf Kosten des Lebens von 23 Passagieren, die von Woodbury, Chester, Swederborough und Wilnington nach Newcastle und Salem reisten, die Liste der Erfolge dieser entsetzlichen Nachlässigkeit zu vergrößern. Es scheint — denn man kann über den Ort des schrecklichen Ereignisses nur Vermuthungen hegen — daß die Explosion zwischen Philadelphia und Derby gegen Sonnenuntergang stattgefunden hat; die seitdem eingesammelten Berichte bestätigen diese Vermuthung. Die einzige traurige Gewißheit, die man hat, ist die, daß Mannschaft und Passagiere gänzlich verunglückt sind. Man hat nichts als einige Stücke halbverbrannter Leichen an den Ufern des Delaware verstreut gefunden. Ein seltsamer Umstand, welcher auch die Grundlage des infolge der Explosion erhobenen Processes bildet, ist der, daß man durchaus kein Bruchstück des Kessels noch anderer Maschinentheile hat finden können, sodaß die Versicherer behaupten, keine Zahlung leisten zu müssen, weil durch nichts bewiesen werden könne, daß das Unglück wirklich durch Zerplatzen des Kessels, und noch weniger, daß es durch übergroße Dampfspannung stattgefunden habe. Wie will man beweisen, sagen sie, daß der Apparat gesprungen sei, da kein Apparat mehr existirt? Mehr denn zwanzig Familien in Pennsylvanien sind infolge dieses Ereignisses in Trauer und Verzweiflung. Wann werden endlich solche Unglücksfälle ein Ende nehmen? Es sind kaum zwei Monate verflossen, als ein Dampfboot die Bewohner an den Ufern der Donau in Schrecken setzte, indem es zerrissene Gliedmaßen über seinen Bord schleuderte; in der darauf folgenden Woche wurde auf der Seine eine Explosion zum Glück noch verhindert, und heute müssen wir die Vernichtung des Butterfly mittheilen. Die Wissenschaft, die den Gebrauch des Dampfes entdeckt, sollte nun auch

endlich die Mittel aufzusuchen sich bemühen, um denselben zu zügeln. Eine Entdeckung ist so wichtig als die andere."

Es kann darüber kein Zweifel sein, daß die Explosion des Butterfly infolge der plötzlichen Entwickelung einer unverhältnißmäßig großen Kraft eintrat.

Ich sprach mich darüber im „Journal de Paris" aus und äußerte meine Meinung dahin, daß der Grund dieser Explosion wol im sphäroidalen Zustande des Wassers zu suchen sein möchte.

Seit dieser Zeit hat Herr Andraud die Ansicht veröffentlicht, daß derartige Kesselexplosionen eine Folge elektrischer Vorgänge seien. Wir werden bald sehen, ob diese Ansicht, welche ich übrigens nicht durchaus verwerfe, mehr oder weniger begründet ist.

Der Untergang des Butterfly fand gewissermaßen in einer Wüste, fern von den Blicken der Menschen statt, und alle Diejenigen, welche sich am Bord des Schiffes befunden haben, sind ein Opfer des Ereignisses geworden. Daher ist den Vermuthungen über die wahrscheinliche oder mögliche Ursache der Katastrophe ein weites Feld geöffnet; und ich werde mich auch deshalb nicht länger dabei aufhalten. Nur das Eine will ich bemerken, und Niemand wird es leugnen, daß die Ursache, welche das Schiff vernichtet hat, augenblicklich erzeugt worden sein und eine undenkbare Gewalt besessen haben muß.

Wir wenden uns jetzt zu einem Ereigniß derselben Art, das sich in Frankreich zu Anfang dieses Jahres zugetragen hat. Dasselbe betrifft den Citis, der nach den Plänen eines pariser Ingenieurs und unter der Leitung eines Artillerieoffiziers erbaut worden war.

Die „Presse" vom 21. Jan. erzählt die Explosion dieses Dampfschiffs folgendermaßen:

„Anfangs durch die Ueberschwemmungen der Saône, dann durch den Frost zurückgehalten, wartete man den Eisgang ab, um zu dem entscheidenden Versuche zu schreiten. Seit dem Monat December hatten die Maschinen mehre male auf der Stelle gearbeitet, und während der strengen Kälte war beständig ein kleines Feuer unter den Kesseln erhalten worden. Sonntag Nachmittags um 2 Uhr hatten sich verschiedene Personen, welche die Probefahrt dieses Schiffes interessirte, und Neugierige an Bord begeben, um die Saône hinabzufahren. Die Fahrt ging sehr langsam aus Mangel an Dampf; man gab der schlechten Beschaffenheit der Kohlen die Schuld; 4 Kilometer von Châlons hielt man indessen an, um die Feuer wieder in Gang zu bringen. Das Schiff lag noch vor Anker, die Ingenieure beobachteten selbst den Wasserstand und die drei Probehähne: Alles war

im besten Stande; nur bemerkte man, daß der Dampf schwach blieb und mit sehr geringer Spannung aus einem Ventil strömte. Die Herren Bourdon und Schneider waren soeben auf das Verdeck getreten, als die Explosion geschah. Alle Personen, welche sich daselbst befanden, wurden ins Wasser geschleudert oder sprangen selbst hinein, mit Ausnahme des Herrn Schneider, der sich auf lautes Zurufen trotz aller der Hindernisse, die Dampf und Rauch ihm entgegensetzten, nach der Maschine begab. Von Arbeitern unterstützt trug er zwei Verwundete fort, und wollte eben ein drittes Opfer unterstützen, als eine von hinten vordringende große Wassermenge den Körper bedeckte, sodaß er dessen nicht mehr habhaft werden konnte und sich genöthigt sah, das Schiff zu verlassen, welches unter seinen Füßen sank und die verstümmelten Körper, welche nicht hatten hervorgezogen werden können, verschlang. Ein improvisirtes Floß gestattete Denen, welche durch ihre Wunden verhindert worden waren, das Ufer schwimmend zu erreichen, sich zu retten. Bei diesem unglücklichen Ereigniß hat man den Tod von neun Personen zu beklagen; sechs andere sind mehr oder weniger schwer verwundet.

„Es scheint erwiesen, daß die Explosion einzig und allein durch einen innern Fehler des Kessels veranlaßt wurde.“

Diese Mittheilungen sind werthvoll aber ungenügend, um die wahre Ursache der Explosion des Citis zu erkennen und positiv festzustellen. Nichtsdestoweniger wird es mir leicht sein, nachzuweisen, daß die wahrscheinliche Ursache in dem plötzlichen Uebergange des Wassers aus dem sphäroidalen Zustande in den flüssigen und dampfförmigen zu suchen sein möchte. Bevor ich jedoch meine Ansichten über diesen Punkt mittheile, lasse ich die des Herrn Andraud folgen.

„Herr Andraud“, sagt P. H. Blanchard, „bekannt durch seine scharfsinnigen Untersuchungen über die Verwandlung der comprimirten Luft als bewegende Kraft, gehört zu den Physikern, welche die Ansicht hegen, daß diese plötzlichen Explosionen, welche Alles wie Pulver zersprengen, nur ein Product elektrischer Kräfte seien. Er citirt verschiedene Fälle, bei denen es scheint, daß der Tension des Dampfes allein nicht Rechnung getragen werden darf; er erinnert an die erwiesene Thatsache der Production elektrischer Funken im Wasserdampf, an die elektrischen Schläge, die ein Maschinenarbeiter erhielt, als er den Arm in einen Generator gesteckt hatte u. s. w., und sucht endlich seine Hypothese auf eine neue Erscheinung zu stützen, welche nicht ohne Bedeutung ist.

„Als er Luft in Gefäßen von 100 Litres Inhalt und nur 2 Milli-

meter Wanddicke bis zu dem enormen Druck von 75 Atmosphären comprimirte, sah er stets, wie man begreift, diese Gefäße bersten; aber dies geschah ohne Explosion, ohne Knall, die Luft entwich mit einem sehr scharfen Pfeifen durch einen unbemerkbaren Riß. Wenn nun, so schließt er, unter einem Druck von 75 Atmosphären und bei Gefäßen von so schwachen Wandungen keine Explosion, sondern ein einfaches Zerreißen erfolgt, wie sollten Gefäße von 5 Millimeter Wanddicke und bei einem Druck von nur wenigen Atmosphären mit Knall explodiren?

„Der Autor schließt aus seinen Beobachtungen, daß man sich bisjetzt über die wahre Ursache der Explosionen der Dampfkessel im Irrthum befunden habe, und daß alle Arten von Sicherheitsventilen, die zu dem Zwecke erdacht wurden, die Spannung des Dampfes zu begrenzen, die Explosionen nicht verhindern können.

„In seiner Hypothese stellt der Verfasser die Ansicht auf, daß gegenwärtig das zu lösende Problem folgendes sei: Zu verhindern, daß der elektrische Funke, der hier ganz ähnlich wirkt wie bei der elektrischen Pistole, innerhalb des Dampfkessels zur Entladung komme."

Nach den in diesem Werke verzeichneten Versuchen und den Eigenschaften, welche ich in den Körpern entdeckt habe, glaube ich, daß das Problem vielmehr folgendermaßen zu fassen sein wird: Zu verhindern, daß das Wasser in den sphäroidalen Zustand übergehe, indem man stets zwei Fünftheile des innern Kesselraums mit Wasser gefüllt erhält; ferner zu verhindern, daß dieses Wasser je die Temperatur von + 250° annehme.

In einem Punkte jedoch bin ich mit Herrn Andraud ganz gleicher Meinung, daß man sich nämlich bisher über die wahre Ursache der Dampfkesselexplosionen getäuscht hat. Ob man diese aber in der Elektricität oder dem Uebergange des Wassers aus dem sphäroidalen Zustande in den flüssigen zu suchen habe, dies festzustellen ist meine Absicht.

Zunächst ist die Frage, ob es feststeht, daß elektrische Entladungen im Innern der Dampfkessel vorgekommen sind, ob wirklich ein Arbeiter, der einen Arm in den Kessel gesteckt, ähnliche Schläge, wie sie die Elektricität bewirkt, erhalten hat? Nichts ist weniger gewiß als dies, und bevor nicht genaue Versuche diese Behauptung außer Zweifel gesetzt haben, ist es erlaubt, sie zu bestreiten. Man weiß wie leicht man sich täuschen kann, und wie schwer es selbst für geschicktere und kenntnißreichere Leute ist, zuverlässige Beobachtungen anzustellen.

Und wenn nun schon ein geübter Beobachter Mühe hat, sich vor Illusionen zu wahren, um wieviel mehr muß dies der Fall bei gewöhnlichen Arbeitern sein, denen jede sichere Richtschnur mangelt, um das Feld wissenschaftlicher Beobachtungen mit Erfolg zu betreten, obwol es genug unter denselben geben mag, die eine hohe Intelligenz besitzen. Man würde daher Unrecht thun, wollte man es als vollkommen ausgemacht ansehen, daß elektrische Entladungen innerhalb der Dampfkessel stattfinden können. Man wird warten müssen, bis zuverlässige Untersuchungen diesen bedeutungsvollen Gegenstand in voller Klarheit bewiesen haben, und sicher kann Niemand besser als Herr Andraud selbst positiv nachweisen, daß seine Ansicht auf unerschütterlicher Grundlage ruht.

Wäre nun aber die Erzeugung des elektrischen Funkens erwiesen, so bliebe immer noch festzustellen übrig, daß derselbe mit dem Funken vergleichbar sei, welcher die Explosion der elektrischen Pistole bewirkt. Dies scheint nun aber äußerst schwierig; denn dieselbe explodirt infolge der durch den elektrischen Funken bewirkten Entzündung eines Gemenges aus Wasserstoff und Luft oder Sauerstoff. Hier ist, wie man sieht, der elektrische Funke durchaus nicht die Hauptursache der Explosion, sondern gibt nur die Veranlassung dazu. Um die Ansicht des Herrn Andraud vollkommen zu begründen, müßte man zugestehen, daß im Dampfkessel Wasser zersetzt und durch den elektrischen Funken wieder gebildet werde. Der Versuch berechtigt allerdings zu einer ähnlichen Voraussetzung. Man weiß, daß rothglühendes Eisen Wasser zersetzt, und daß Wasserstoff das Eisenoxyd genau bei derselben Temperatur reducirt.

Nach diesen Betrachtungen scheint es mir rationeller, den elektrischen Funken der Dampfkessel (wenn er überhaupt sich bildet) mit dem zu vergleichen, welcher beim Kinnersley'schen Mörser durch plötzliche Ausdehnung der Luft ein Geschoß hinauswirft; aber auch hier würde die Elektricität nur die Veranlassung zur Explosion geben.

Geben wir für einen Augenblick zu, daß die Erzeugung elektrischer Funken im Innern der Dampfkessel vollkommen feststände, so müßte noch bestimmt werden, ob diese Erscheinung Ursache oder Wirkung wäre. Hätte man erkannt, daß dieselbe die einzige Ursache der Explosionen sei, so würde es sich nur noch darum handeln, die Mittel zu ihrer Verhinderung aufzufinden; ist aber der elektrische Funke im Gegentheil nur eine Wirkung, folgt er der Explosion, statt ihr vorangzugehen, so bleibt die Frage unentschieden, und man muß anderswo die Ursache dieser Explosionen suchen.

Uebrigens ist es, wie bekannt, äußerst schwer zu sagen, unter welchen Umständen die Elektricität außer dem Spiele bleibt, und in welchen Fällen sie sich entwickelt; denn man kann nicht zwei heterogene Körper berühren, die Temperatur des einen von zwei homogenen Körpern verändern, sie aus einem Aggregatzustande in den andern überführen, sie reiben, schlagen u. s. w., ohne daß Elektricität frei würde. Aber diese Elektricitätsentwickelung ist in einer Menge von Fällen unbestimmbar und wird nicht nachgewiesen werden können. Es verhält hier sich wie mit der Wärmeentwickelung bei der Oxydation des Eisens: man nimmt dieselbe nach Analogie an, aber weist sie nicht nach; man schließt auf sie aus der enormen Wärmemenge, welche sich bei der schnellen Oxydation des Eisens in Sauerstoffgas entwickelt.

Es erübrigt nun noch, den schönen Versuch zu betrachten, in welchem Andraud Luft bis zu dem außerordentlichen Druck von 75 Atmosphären comprimirt hat, und den Werth der Schlüsse zu prüfen, welche er daraus zieht.

Hätte Herr Andraud sein Reservoir aus Eisenblech plötzlich einem gleichförmigen Druck von 75 Atmosphären ausgesetzt, so würde es wahrscheinlich mit einer Explosion zersprungen sein. Doch dieser Probe konnte der Apparat nicht unterworfen werden, da man die Luft nach und nach einführen und langsam mit Hülfe einer Druckpumpe comprimiren mußte. Man sieht seitdem ein, daß das Eisenblech der Einwirkung eines gleichen Drucks lange Zeit widerstanden hat und ohne Explosion zerrissen ist. Da der Druck gradweise gesteigert wurde, so konnten oder mußten die Molecule des Eisens sich so gruppiren, daß die Capacität des Gefäßes sich auf eine bemerkbare Weise vergrößerte; darauf als das Maximum des Widerstandes erreicht war, fand das Zerreißen zwischen den Theilen statt, welche die geringste Cohäsion besaßen.

Mit einem Worte, der Andraud'sche Versuch scheint mir nur ein Versuch über die Zähigkeit eines Eisenblechs von 2 Millimeter Dicke zu sein, und ich bin der Ansicht, daß ein Körper, welcher der successiven Einwirkung irgendeiner Kraft widersteht, dies nicht thun würde, wenn dieselbe Kraft plötzlich auf ihn wirkte, gleichwie ein Magnet, welcher 10 Kilogramm zu tragen vermag, wenn ihm dieselben grammweise angehängt werden, nicht den vierten Theil davon trägt, sobald man es versucht, ihn plötzlich damit zu belasten.

Ich gehe nun zur Prüfung einer andern Ursache der Explosionen von Dampfkesseln über, welche dem sphäroidalen Zustande des Wassers ihre Entstehung verdankt.

Es ist bekannt, und allgemein ist man darüber einig, daß eine bisjetzt noch unbekannte Ursache dieser Explosionen existirt, gegen welche sich alle angewendeten Mittel als unzulänglich erwiesen haben. Ich glaube den Beweis geliefert zu haben, daß diese Ursache nicht die Elektricität ist, und hoffe zu zeigen, daß sie in einer Aenderung des Aggregatzustandes des Wassers, in seinem plötzlichen Uebergang aus dem sphäroidalen durch den flüssigen in den dampfförmigen Zustand begründet sein kann.

Man hat weiter oben gesehen, daß das Gleichgewicht der Wärme und der Tension für die Körper im sphäroidalen Zustande nicht existirt. Dies ist eine Thatsache von der höchsten Wichtigkeit, welche ein ganz neues Licht über die große Frage der Dampfkesselexplosionen verbreiten wird.

„Wenn in einem ungleich erwärmten Raum", sagt Pouillet, „sich das Gleichgewicht hergestellt hat, so ist die Spannung des Dampfes in allen Theilen dieselbe und überall gleich dem Maximum der Spannung, welches dem kältesten Theile des Raumes entspricht."

Setzt man statt der letzten Worte dieses Satzes: „welches dem **heißesten** Theile entspricht", so hat man, wenn nicht das Gesetz der Dampfspannung für die Körper im sphäroidalen Zustande, so doch wenigstens den Verlauf der Erscheinungen; mit andern Worten: für die Körper im sphäroidalen Zustande findet das Gegentheil von dem bisher als richtig erkannten Gesetze statt. Dies geht klar aus der Mehrzahl der im ersten Theile dieses Werkes mitgetheilten Versuche hervor.

Der Leser wolle sich erinnern, daß ich den ersten Theil meines Mémoire gegen das Ende des Jahres 1840 an die Akademie gerichtet habe; er könnte sonst glauben, daß ich die Versuche, um welche es sich handelt, erst nach der Explosion des Citis angestellt habe, welche im Januar des darauf folgenden Jahres stattfand.

Wenn durch Nachlässigkeit oder aus irgendeinem andern Grunde die Speisung des Kessels unvollkommen vonstatten geht, wenn derselbe kein oder nur etwa den zehnten Theil des Wassers enthält, welches er fassen kann, so werden erstern Falls die Wände wenigstens im untern Theile zum Glühen kommen, und das Wasser, welches man nachher einführt, wird in den sphäroidalen Zustand übergehen, um darauf wieder flüssig und alsbald gasförmig zu werden, sei es nun infolge größerer Zufuhr von kaltem Wasser oder einer Verringerung der Intensität des Feuers: eine Explosion wird die Folge

davon sein. Im zweiten Falle gelangen die seitlichen und obern Partien des Kessels zum Glühen, und der Dampf wird eine außerordentliche Spannkraft annehmen. Unter solchen Umständen ist die Befürchtung gerechtfertigt, daß die Sicherheitsventile und schmelzbaren Metallplatten nicht ausreichend sein möchten, um den Dampf entweichen zu lassen: die Maschine wird dem innern Druck nachgeben müssen.

Indeß kann dieser Art von Explosionen durch Ventile vorgebeugt werden, und gewöhnlich geschieht es auch; nichtsdestoweniger sind dieselben immer noch häufig genug, wenngleich weniger gefährlich. Hier erfolgt die Explosion durch einen Riß wie bei dem erwähnten Blechgefäß.

Aber es kann auch vorkommen, daß die Explosion nicht unmittelbar, sondern später und dann in schrecklicher Weise erfolgt. Hierbei ist der Vorgang folgender:

Wenn es wahr ist, daß das Wasser in dem erwähnten Falle noch unter der Herrschaft der Gleichgewichtsgesetze der Wärme und Spannung steht, so ist es nicht minder wahr, daß es sich auf der äußersten Grenze dieser Herrschaft befindet und durch die geringste Ursache diesem Einfluß entzogen werden kann. Eine solche Ursache kann durch die freiwillige oder unfreiwillige Oeffnung eines Ventils, durch Herstellung der Communication zwischen Kessel und Pumpe, oder durch das Ingangsetzen der Maschine eintreten.

Das Wasser, welches sich in einem geschlossenen und stark erhitzten Raume befindet, ist der Einwirkung zweier Kräfte ausgesetzt, die einander das Gleichgewicht halten: dem enormen Druck durch den Dampf auf seine Oberfläche, und der Repulsion der metallenen Wand.[1] Oeffnet man jetzt ein Ventil oder einen Hahn, so wird die erste der

---

[1] Herr Bresson, Ingenieur und Professor der Mechanik zu Rouen, hat die Existenz einer solchen Repulsivkraft glühender Flächen vermuthet und gewisse Explosionen von Dampfkesseln aus der Entwickelung dieser Kraft hergeleitet.

Unter den von ihm aufgezählten Ursachen kommt auch die Zersetzung des Wassers durch die glühenden Wände des Kessels vor. Diese kühnen Vermuthungen sind schon seit dem Jahre 1830 in verschiedenen an die Akademie und die Société d'encouragement gerichteten Mémoiren verzeichnet, doch erst zu Anfang des Jahres 1842, d. h. also lange nach der Redaction dieses Werkes, zu meiner Kenntniß gekommen. Es ist mir angenehm, in Beziehung auf diese Frage mit einem Manne wie Bresson übereinzustimmen und durch Versuche seine theoretischen Ansichten über zwei Ursachen der Dampfkesselexplosionen bestätigt zu haben.

beiden Kräfte zum Theil aufgehoben, und das Wasser, durch die fast rothglühende Fläche abgestoßen, wird durch alle Oeffnungen, denen es begegnet, in die Höhe geschleudert und kann dieselben momentan verstopfen; eine Explosion kann die unmittelbare Folge dieser Verstopfung sein[1]; findet indeß auf solche Weise eine Explosion nicht statt, so geht das Wasser in den sphäroidalen Zustand über, sobald es den Boden des Kessels wieder erreicht, und seine Temperatur sinkt auf 96,5°; von nun an bildet es nur so wenig Dampf, daß derselbe gar keine Spannung zu haben scheint, und der Gang der Maschine ist aus Mangel an Dampf äußerst langsam.

Solange Alles in diesem Zustande bleibt, ist keine Gefahr vorhanden; sobald aber das Feuer verlischt oder sich vermindert, geht das Wasser in den flüssigen Zustand zurück, worauf sich Dampfmassen von außerordentlich hoher Spannung entwickeln und den Kessel zertrümmern. Dasselbe findet statt, wenn man eine größere Menge kalten Wassers in den Kessel einführt, sodaß die Wände bis unter

---

[1] Ich habe bereits früher erwähnt, daß es sehr unklug ist, dem Dampf plötzlich einen Abzug zu gestatten. Folgende kurze Betrachtung wird hier am Orte sein:

Nehmen wir an, daß ein Dampfkessel unter einem Drucke von 5 Atmosphären arbeite; das darin enthaltene Wasser hat daher eine Temperatur von 152°, das heißt jedes Kilogramm dieses Wassers enthält 52 Wärmeeinheiten mehr als es bedarf, um bei gewöhnlichem Luftdruck zu sieden. Dieser Wärmeüberschuß wird stets disponibel sein. Setzen wir ferner voraus, daß dieser Dampfkessel 10 Tonnen Wasser enthalte, so sind alle Elemente vorhanden, um zu berechnen, wieviel Dampf sich momentan infolge der plötzlichen Oeffnung eines großen Hahnes oder durch Zerbrechen der Hebelstange an einem weiten Sicherheitsventil bilden kann.

Sei V die im Wasser wirklich enthaltene Dampfmenge, k die Quantität des Wassers in Kilogrammen, t seine Temperatur, t' die des siedenden Wassers, C die Gesammtmenge der im Dampf enthaltenen Wärme, und v das Volumen des Dampfes, so ist

$$V = k\left(\frac{t - t'}{C}\, v\right),$$

worin

$k = 10{,}000$ Kilogramm
$t = 152°$
$t' = 100°$
$C = 637$
$v = 1700$

Führt man die Rechnung aus, so findet man, daß das Wasser soviel Wärme enthält, als zur Bildung von 816 Kilogramm oder 1,387,200 Litres Dampf erfoderlich ist!

500° abgekühlt werden; all dieses Wasser wird sich in Dampf von sehr hoher Spannung verwandeln. Hiernach begreift man leicht, wie der Butterfly verschwinden und der Citis, ein ganz neues Schiff, auf seiner ersten Fahrt zerstört werden konnte. Man hat mir versichert, daß ein Theil dieses letztern Schiffes 20 Meter von dem Ort der Explosion stromaufwärts und unter Wasser hinweggeschleudert worden sei! Muß man daher nicht annehmen, daß in den Kesseln dieser Fahrzeuge eine unwiderstehliche Gewalt entwickelt worden sei, welche ihre augenblickliche Vernichtung bewirkte? Und kann man diese Gewalt wol einer andern Ursache zuschreiben, als dem Uebergange des Wassers aus dem sphäroidalen Zustande in den flüssigen, einer Aufhebung des Gleichgewichts der Wärme und der Spannung? Mir scheint diese Annahme außer jedem Zweifel.

Wenn man diesen Ursachen der Explosionen die Zersetzung des Dampfes durch das glühende Eisen hinzufügt, so begreift man ohne Mühe die Heftigkeit der Wirkung.

Man hat bis vor kurzem geglaubt, daß das Wasser nur in ganz kleinen Quantitäten (höchstens 1 Gramm) in den sphäroidalen Zustand übergehen könne, und daß dazu die metallene Oberfläche weißglühend sein müsse; indeß sind dies zwei von den Irrthümern, die sich nur zu leicht verbreiten.

Ich habe in der That gefunden, daß das Wasser noch bei einer Temperatur von 200° und darunter den sphäroidalen Zustand annehmen kann, und zwar in sehr großen Massen. Diese beiden Erfahrungen zusammengenommen müssen auch den Ungläubigsten die Augen öffnen und ihnen zeigen, daß die Theorie der Wärme und der Dampfkessel, die man für so ausgebildet hielt, nur erst in ihrer Kindheit ist, und daß noch ein weites Feld zu bearbeiten ist, damit sie auf unerschütterlicher Grundlage ruhe.

Wenn die Dampfkessel, anstatt der directen Einwirkung des Feuers ausgesetzt zu sein, mit Sieveröhren versehen wären, so könnten diese rothglühen, ohne daß der Kessel selbst die gleiche Temperatur erlangte; in diesem Falle könnte sich ein Theil des Wassers im sphäroidalen Zustande befinden, während der andere flüssig wäre, wie im neununddreißigsten, vierzigsten und einundvierzigsten Versuch, vorausgesetzt, daß nicht alles Wasser in den Sieveröhren enthalten sei. Wenn Letzteres stattfände, so wäre allerdings die Gefahr sehr groß, und es genügte eine Erniedrigung der Temperatur der Sieveröhren oder die Hinzufügung einer gewissen Quantität kalten Wassers, um die Explosion sofort zu bewirken.

In dem Falle jedoch, wo sich nur ein Theil des Wassers im sphäroidalen Zustande befindet, wäre die Gefahr vielleicht weniger groß; trotzdem wäre man durchaus nicht in Sicherheit, wenn sich der Eintritt dieses Phänomens verkündigte.

Von Wichtigkeit ist die Bemerkung (die ich bereits in meinem Brief an die Akademie vom 27. Jan. 1841 mitgetheilt habe), daß das Manometer sofort nach dem Eintritt des sphäroidalen Zustandes plötzlich sinkt, obwol es erst das Maximum der Spannung anzeigte; ist dies der Fall, so bleibt nur ein Weg der Rettung übrig, das ist zu verhindern, daß irgendwelche Menge kalten Wassers in den Kessel ströme und ein sehr starkes Feuer zu unterhalten; darauf unterhält man den Gang der Maschine mittels der geringen Menge Dampfes, der sich noch entwickelt, aber eine außerordentliche Spannung besitzt; oder man hält die Maschine an, öffnet alle Ventile und sucht mit allen zur Verfügung stehenden Mitteln den Kessel schnell zu leeren; dann verlöscht man die Feuer und läßt den Apparat erkalten.

Hätte man anstatt die Feuer des Citis zu verlöschen, sie im Gegentheil unterhalten oder selbst verstärkt, so ist es wahrscheinlich, daß die Explosion nicht stattgefunden hätte. Man erinnert sich, daß man das Schiff 4 Kilometer oberhalb Châlons angehalten hat, um das Feuer wiederherzustellen; sonach mußte es erloschen sein.

Aber es ist viel wünschenswerther, daß das Wasser im Kessel gar nicht in den sphäroidalen Zustand übergehe, und dies würde man leicht erreichen, wenn man ein sicheres Mittel hätte, den Kessel stets mindestens zu zwei Fünftheilen mit Wasser gefüllt zu erhalten und zu verhindern, daß eine gewisse Temperaturgrenze überschritten werde.

Man würde wahrscheinlich in gleicher Weise dies so wünschenswerthe Resultat erlangen, wenn man die innern Wandungen des Kessels und der Siederöhren mit Stacheln besetzte; aber dann würde eine Reinigung unmöglich oder mehr oder weniger schwierig sein. Vielleicht kann man auch den Eintritt des sphäroidalen Zustandes verhindern, wenn man längs der ganzen Ausdehnung des Kessels bewegliche Spiralen von dickem Eisendraht, oder eine große Menge kleiner dreiseitiger eiserner Pyramiden anbrächte. Bei der Reinigung könnte man diese Gegenstände entfernen und später leicht wieder einsetzen.

Durch Anwendung eines dieser Mittel würde man wahrscheinlich eine beständige Berührung zwischen Wasser und Kessel erzielen, und infolge dessen müßte das Eintreten des sphäroidalen Zustandes unmög-

lich sein. Uebrigens kann über die Brauchbarkeit solcher Präservativmittel allein die Erfahrung entscheiden.

Alle Versuche, die ich zur Erörterung dieser wichtigen Frage angestellt habe, so entscheidend sie auch sein mögen, sind bei alledem nur Anfänge und bedingen ausgedehntere Studien.

Einer der ersten Versuche, die ich auszuführen gedenke, sobald es mir die Umstände erlauben, wird folgender sein:

Ein eiserner [1] fast kugelförmiger Kessel, der einen enormen Druck auszuhalten vermag und mit fünf Oeffnungen versehen ist, wird in angemessener Weise in einem Ofen befestigt; man macht den Boden glühend und führt mit Hülfe einer Druckpumpe, die auf einer der Oeffnungen angebracht ist, Wasser hinein. Durch die zweite und dritte Oeffnung reichen zwei Thermometer, das eine bis in das Wasser, das andere in den Dampf; die vierte dient zur Anbringung eines bis 50 Atmosphären getheilten Manometers, und die letzte endlich als Ventil. Ein an diesem angebrachter Hebel kann nach Belieben belastet werden und zugleich mit dem Manometer die Dampfspannung angeben.

Vier [2] Beobachter notiren von einer halben Minute zur andern: 1) die Temperatur des Wassers; 2) die des Dampfes; 3) den Stand des Manometers; 4) den Zustand des Ventils. Der Versuch wird mehre male wiederholt und aus den Beobachtungen das Mittel gezogen.

Dieselbe Reihe von Versuchen wird bei verschiedenen Temperaturen angestellt. Darauf läßt man das Wasser aus dem sphäroidalen Zustande in den flüssigen übergehen, bald durch Erkalten des Apparats bald durch Einführung von kaltem Wasser.

Endlich würde man noch unter denselben Bedingungen zu arbeiten haben, welche bei den Dampfkesseln stattfinden, indem man das Wasser vor der Erhitzung des Kessels einführt u. s. w. [3] Ich deute hier

---

[1] Ich ziehe das Eisen dem Kupfer vor, weil dieses das Wasser nicht wie jenes zersetzt.

[2] Zwei Beobachter würden ausreichen, wenn man Maximalthermometer anwendete.

[3] Einige Versuche lassen mich vermuthen, daß unter gewissen Umständen eine kleine Quantität von Wasser sich vollständig in Dampf, darauf wieder durch Erniedrigung der Temperatur um einige Grade in Wasser verwandeln kann. Es braucht nicht erwähnt zu werden, daß dieses, indem es auf den Boden des Kessels zurückfällt, in den sphäroidalen Zustand übergeht. (S. den Versuch von Cagniand de la Tour im Artikel Cosmologie; desgleichen die Abhandlung von Perkins in den Annales de chimie, December 1827, und eine Notiz von Lechevalier, Journal de chimie médicale, I, 539.)

nur einen Theil der Versuche an, welche ich auszuführen beabsichtige, und die ich selbst noch nicht voraussehen kann. Mit den Versuchen verhält es sich wie mit den Ideen: ein Versuch ruft einen neuen hervor, wie eine Idee die andere.

Ich lasse noch ein Wort über die Explosion des Citis folgen:

Durch nichtofficielle Mittheilungen, deren Wahrheit ich nicht verbürge, ist mir bekannt geworden, daß der Kessel des Citis aus drei concentrischen Cylindern bestand: der äußere Cylinder bildete den eigentlichen Kessel, dann kam der Feuerraum, und in diesem lag das Siederohr, welches mit dem äußern Kessel communicirte.

Wenn der Apparat wirklich auf diese Weise construirt war, so ist es leicht, sich von der Explosion Rechenschaft zu geben.

Die Personen, welche die Speisung des Kessels zu überwachen hatten, mochten von dem gewiß sehr lobenswerthen Wunsche erfüllt sein, den vortrefflichen Lauf des Schiffes zu zeigen; sie ließen daher wenig Wasser zufließen, damit die Erhitzung desto schneller vonstatten ginge und der Dampf rasch das Maximum der Spannung erreichte. Die Folge davon war, daß das Siederohr, ganz vom Feuer umgeben, glühend wurde und die Repulsivkraft annahm, welche die Berührung der Körper verhindert und ihnen neue Eigenschaften ertheilt, wie ich dies früher ausgeführt habe. Mit einem Worte, das Wasser gelangte, wenigstens zum Theil, unter die Herrschaft der Gesetze des sphäroidalen Zustandes, und der Lauf des Schiffes wurde aus Mangel an Dampf sehr langsam. Man schrieb, obwol meiner Ansicht nach mit Unrecht, die Langsamkeit des Ganges der schlechten Beschaffenheit der Kohlen zu. Oberhalb Châlons hielt man an, um das Feuer wiederherzustellen; aber es ist wahrscheinlich, daß dies nicht sobald geschah, und daß das Siederohr infolge der Abkühlung die Repulsivkraft, die es bis dahin besessen, verlor. Das Wasser benetzte das Metall und verwandelte sich urplötzlich in Dampf. Daher der immense Stoß, welcher mehren Personen das Leben kostete, viele verwundete und einen Theil des Schiffes 20 Meter von dem Orte des Ereignisses hinwegschleuderte.

Die Explosion hätte in gleicher Weise durch Einführung einer großen Masse Wassers in den Kessel erfolgen können, welche ebenfalls den Wiedereintritt des flüssigen Zustandes bedingt.

Man darf nicht vergessen, daß der Citis ganz neu und seine Erbauung von höchst geschickten Männern geleitet worden war.

Es ist früher (s. §. 1, S. 71) gezeigt worden, daß salzhaltiges Wasser schwieriger in den sphäroidalen Zustand übergeht als das

sogenannte weiche oder reine; daher kommt es, daß die Dampfschifffahrt auf dem Meere weniger gefahrvoll als auf den Flüssen ist. Ich glaube, daß die Statistik die Wahrheit meiner Ansicht bestätigen wird; denn es ist mir nicht bekannt, daß man allzu viele Explosionen auf offenem Meere zu notiren gehabt hätte, wo man doch wegen Wind und Strömungen oft die volle Kraft der Maschinen anwenden muß. Alles dies kann dazu beitragen, die Personen zu beruhigen, welche die Explosionen der Dampfmaschinen als die größte und schrecklichste Gefahr auf offenem Meere betrachten.[1]

Der Professor Belli hat die Ursache der Explosionen, welche wir eben behandelt haben, studirt und unsere Theorie bestätigt, und von dieser Seite, glauben wir, wird in theoretischer Hinsicht nichts mehr zu sagen sein. Wir geben hier in der Anmerkung Belli's Worte selbst wieder.[2]

---

[1] Der sehr wahrscheinliche Untergang des Präsidenten ändert nichts an meiner Meinung über diesen Punkt, und zwar aus dem Grunde, als man noch nicht weiß und wol auch nicht erfahren wird, auf welche Weise das Schiff untergegangen ist. Es kann ebenso wol in Brand gerathen oder durch einen Stoß des Meeres leck geworden, als infolge der Explosion seines Kessels zugrunde gegangen sein.

[2] Per avvalorare le conclusioni del signor Boutigny mediante un calcolo più specificato, suppongo che la caldaja di cui egli parla, e a cui dà una capacità di 100 litri, sia di ferro e di figura sferica, colle pareti grosse un centimetro. Io trovo che il peso di essa sarebbe di 84 chilogrammi. Però, attesa una maggiore grossezza che possono avere alcune sue parti, io porto un tale peso a chilogrammi 91, i quali avendo una capacità specifica pel calorico di 0,1098, vengono a equivalere, in riguardo alle quantità di calorico di che abbisognano pe' cangiamenti di temperatura, a chilogrammi 10 di acqua. Chiamo:

T, la temperatura che ha una tale caldaja quando l'acqua contenutavi si trova sferoidale, espressa questa temperatura in gradi centigradi;

q, la quantità, in chilogrammi, dell' acqua che vi si contiene, parte in istato già di vapore e parte in istato liquido di forma sferoidale: delle quali due parti quella in istato di vapore non ha che la tensione corrispondente alla temperatura 96,5° che è di circa $\frac{7}{8}$ di un' atmosfera, o al più, se il vaso ha una bocca poco larga e l'acqua vi è a 100° C., ha la tensione di un' intera atmosfera; al che corrisponde una densità di $\frac{1}{1700}$ o di $\frac{1}{1800}$ di quella dell' acqua, e anche assai meno, se il vaso è già molto caldo: senza occuparmi gran che di queste minutezze, suppongo che la densità di un tale vapore sia di $\frac{1}{2000}$ di quella dell' acqua, e che però in una capacità di 100 litri qual è quella della caldaja vi corrisponda una massa di $\frac{1}{20}$ di chilogrammo;

t, la temperatura dell' apparecchio dopo che l'acqua ha cessato d'essere

Dieser Gelehrte setzt wie wir voraus, daß es sich um einen eisernen, kugelförmigen Kessel handelt, dessen Wandungen 1 Centimeter Dicke haben und der 10 Kilogramm Wasser enthält. Nach diesen Annahmen führt **Belli** seine Rechnung aus und kommt zu dem Schlusse:

---

sferoidale. la quale temperatura suppongo posseduta sì dalla caldaja che dal vapore contenutovi. Di acqua allo stato liquido ammetto che allora non ve ne rimanga più, avendosi avuto cura d'introdurvene a principio quella sola quantità che col calore cedutole dal vaso poteva evaporare; di più non ne suppongo, perchè non avrebbe fatto che riscaldarsi a spese del calore del vaso stesso, senza contribuire all' aumento della tensione.

Ciò convenuto, cercherò quali valori converrà assegnare alla temperatura primitiva della caldaja perchè si abbiano diversi valori dati di t dopo cessata l'acqua dall' essere sferoidale; e nello stesso tempo cercherò le corrispondenti grandezze della tensione del vapore risultante e le corrispondenti quantità dell' acqua evaporata.

Osservo a quest' uopo che mentre l'acqua contenuta nel vaso è ancora sferoidale, la quantità del calorico dell' apparecchio al di sopra di 0° C. consiste:

1° Nella quantità del calorico appartenente alla caldaja, la quale, presa ad unità la quantità occorrente a scaldare di 1° C. un litro d'acqua, sarà 10 . T.

2° In quella dell' acqua contenutavi in istato già di vapore, la quale acqua ho detto potersi considerare circa $\frac{1}{20}$ di chilogrammo. Perciò le potremo assegnare, al di sopra di quanto ha nello stato liquido a 0°, una quantità di calorico espressa da $\frac{1}{20}$. 637,5.

3° In quella dell' acqua ancora liquida, la quale sarà misurata da

$$q - (\tfrac{1}{20})\ 96{,}5,$$

le quali tre quantità danno per somma

$$10 \cdot T + q \cdot 96{,}5 + \tfrac{1}{20}\,(637{,}5 - 96{,}5)$$

ossia

$$(A) \qquad 10 \cdot T + q \cdot 96{,}5 + \tfrac{1}{20} \cdot 541.$$

Dopo che l'acqua avrà cessato d'essere sferoidale e si sarà tutta ridotta aeriforme, la quantità di calorico contenuta nell' apparecchio sarà

$$(B) \qquad 10\,t + q \cdot 637{,}5;$$

dove la parte

$$10\,t$$

spetterà al vaso, e la parte

$$q \cdot 637{,}5$$

al vapore, stantechè, secondo le sperienze di Desormes et Clément (Thenard, *Chimie,* t. IV, p. 263, ediz. 1821), in una data quantità di vapore che saturi lo spazio ove è contenuta, si trova sempre la medesima quantità di calorico, sì essendo questo vapore poco caldo e molto espanso, e sì essendo esso molto caldo ma assai condensato; contiene cioè sempre la stessa quantità di calorico come quando egli si forma dalla ebollizione

„Es ist unmöglich, daß der Kessel, welcher noch eine Temperatur von 334° behält, einer solchen Gewalt widerstehen kann.“

Welches aber sind die Mittel, um diese gefahrvollen Explosionen zu verhindern? Einige davon haben wir bereits erwähnt, und fügen

---

dell' acqua sotto la pressione di una sola atmosfera; che è, al di sopra dell' acqua a 0°, circa 637 1/2 volte quella quantità che può scaldare la stessa acqua di 1° C.

Siccome ora la quantità di calorico contenuta nell' apparecchio è la stessa sì prima che dopo, così uguagliando le due espressioni (A) e (B), si avrà l'equazione

$$10 \cdot T + 96{,}5 \cdot q + \tfrac{1}{20} \cdot 541 = 10\, t + q \cdot 637\, \tfrac{1}{2},$$

ossia

$$10\,(T - t) = q \cdot 541 - \tfrac{1}{20} \cdot 541,$$

$$(C) \qquad 10\,(T - t) = (q - \tfrac{1}{20})\, 541;$$

della quale equazione (C) si scorge immediatamente la legittimità, se si rifletta che la quantità di calorico perduta dal recipiente nel discendere dalla temperatura T alla t, è eguale a quella acquistata da chilogrammi $(q - \frac{1}{20})$ di acqua allorquando dallo stato liquido a 96°,5 C. ella passa a quello di vapore.

Dando ora a t diversi valori di 50° in 50°, e cercando le corrispondenti forze espansive del vapore del quale viene a riempiersi il recipienti dopo cessato il liquido dall' essere sferoidale; come pure le corrispondenti densità e masse, e le temperature T che doveva avere il recipiente per la vaporizzazione di queste masse, io ho ottenuto i risultamenti esposti nella tavola seguente:

Valore di t.	Tensione in atmosfere.	Densità del vapore.	Chilogrammi di vapore contenuto in 100 litri.	Temperatura necessaria al vaso per la totale conversione dell' acqua in vapore.
100°	1,0	0,000586	0,0586	100°
150	4,6	0,00237	0,237	160,1
200	14,87	0,00687	0,687	234,5
250	38,33	0,01602	1,602	334
300	84,8	0,0324	3,24	473
350	168,5	0,0591	5,91	667
400	308,0	0,100	10,0	938

Per ottenere in questa tavola le tensioni del vapore io mi sono servito sino ai 259° C. delle tavole delle tensioni inscritte nei comuni corsi di fisica; e per le temperature rimanenti ho fatto uso della seguente nota formola trovata da Arago e Dulong:

$$e = [1 + 0{,}007153\,(\alpha - 100)]^5,$$

dove con e s'indica la tensione del vapore espressa in atmosfere.

Per calcolarne la densità io ho supposto: 1° Che valga anche del vapore acqueo il coefficiente trovato da Rudberg per la dilatazione de' fluidi aeriformi; e perciò ho ammesso che sotto costante pressione il

jetzt noch mehre andere hinzu, auf welche wir aus neuern Untersuchungen schließen:

1) Zwei Metallthermometer von Element, von denen eins in das Wasser, das andere in den Dampf reicht.

2) Mehre Ventile mit Pfeifen.

3) Auflösung von Chlorcalcium im Wasser; auf dem Meere wird diese Vorsicht unnöthig sein.

4) Veränderung der gebräuchlichen Form der Siederöhren in eine solche, daß eine gewisse Quantität des Wassers sich stets unterhalb des Rostes befinden muß.

5) Besetzung der Innenwände des Kessels mit Spitzen, welche zur gleichmäßigen Vertheilung der Wärme beitragen.

---

vapore si dilati di $\frac{1}{273}$ del volume a 0°, ossia di $\frac{1}{373}$ del volume à 100°. 2° Che a parità di temperatura valga anche per questi vapori la legge di Mariotte, cioè che la densità sia proporzionale alla tensione. Con queste norme, volendo, per es., calcolare la densità del vapore a 150° C. io rifletto che esso vapore, passando da 100° a 150°, ma rimanendo sotto la pressione di un' atmosfera, si dilata in ragioni di 373 a 423, ossia che esso scema di densità in ragione de $\frac{1}{373}$ a $\frac{1}{423}$; e che nel passarc, senza variar temperatura, dalla tensione di un' atmosfera a quella di 4,6 atmosfere, cresce la sua densità :: 1 : 4,6. Talchè le sue densità a 100° sotto un' atmosfera, e a 150° sotto 4,6 atmosfere, sono :: $\frac{1}{373}$: $\frac{4,6}{423}$. E siccome quella a 100° è 0,005856, così quella è data da

$$0{,}005856 : x :: \frac{1}{373} : \frac{4{,}6}{423};$$

da cui

$$x = \frac{0{,}00585\,6 \cdot 373}{423}\,4{,}6 = \frac{0{,}2184 . 4{,}6}{423} = 0{,}00237.$$

Il numero de' chilogrammi di vapore venne subito ottenuto col moltiplicare per 100 il numero esprimente la densità. E il valore di T lo si ebbe finalmente col porre il numero di chilogrammi del quale qui parliamo nella equazione (*C*) al luogo della *q*.

È facile lo scorgere che con una temperatura di 600° C. non può il vaso da noi immaginato far vaporizzare tutti i dieci litri d'acqua supposti da Boutigny, ma che per avere con esso una totale vaporizzazione non conviene porvene che cinque. Si verrà nulladimeno ad avere la enorme tensione di circa 140 atmosfere. E risultando da un mio calcolo che il vano di un tale vaso ha un diametro di centimetri 57 1/2, e una sezione di 2597 centimetri quadrati, ne verrebbe una forza divellente di chilogrammi 2597 $\times$ 140 $\times$ 1,033, ossia 374000 all' incirca sì verso una banda che verso la contraria. Alla quale la caldaja, cui rimarrà una temperatura di 334° C., sarà impossibile che resista.

(Voy. *Giornale dell' I. R. Istituto Lombardo di scienze, lettere ed arti, e Biblioteca Italiana*, ann. 1844, pag. 248 e seguenti.)

6) Ein oder mehre Schwimmer.
7) Ein Manometer.
8) Gute Speisepumpen, die sich selbst reguliren und mit und ohne Hülfe des Maschinisten arbeiten.

Neues System der Dampfkessel.

Man erinnert sich des unter Nr. 48 beschriebenen Versuchs, bei welchem mit einer bestimmten Menge Wasser im flüssigen Zustande drei Detonationen erhalten wurden, während dieselbe Menge Wasser im sphäroidalen Zustande (neunundvierzigster Versuch) 12—14 Detonationen bewirkte, das heißt, der im zweiten Falle hervorgebrachte dynamische Effect war vier mal größer als der des erstern Falles.

Hiermit wäre denn ein neues System für Dampfkessel gegeben, und die angeführten einfachen Versuche möchten wol eine Zukunft versprechen.

Ich habe bereits die Ursache dieser Verschiedenheit in der Elasticität des Dampfes von sphäroidalem und flüssigem Wasser angedeutet, und werde dieselbe hier nochmals entwickeln, ohne daß ich fürchte, die Leser zu ermüden; denn Alles, was sich auf den Dampf bezieht, ist von höchstem Interesse.

Man weiß, daß die Spannkraft des Dampfes mit der Temperatur steigt, ohne derselben proportional zu sein. Es ist ferner bekannt, daß das Gesetz des Gleichgewichts der Spannung auf die Körper im sphäroidalen Zustande nicht anwendbar ist, sondern daß sich vielmehr für diesen Zustand dies Gesetz geradezu umkehrt. Faßt man dies ins Auge, so begreift man leicht die große Verschiedenheit der Resultate des achtundvierzigsten und neunundvierzigsten Versuchs. Bei jenem gehorcht der ganze Apparat den Gesetzen des Gleichgewichts der Wärme und Tension; das Wasser, welches sich nicht sehr über 100° erhitzen kann, muß viel Dampf entwickeln, damit die Kraft erzeugt werde, welche den Stöpsel herauszutreiben vermag.

Im neunundvierzigsten Versuch finden andere Verhältnisse statt. Das Wasser befindet sich im sphäroidalen Zustande und wird nicht wärmer als 98°; es entwickelt wenig Dampf; aber dieser steht nicht im Wärmegleichgewicht mit dem Wasser, sondern mit den Wänden des Gefäßes. Wird letzteres bis auf 500° erhitzt, so muß der Dampf nach Dulong und Arago eine Spannung von 1000 Atmosphären besitzen. Beim ersten Versuch wird viel Dampf von niederer Temperatur, und folglich geringer Spannung gebildet; beim zweiten

Versuch tritt das Gegentheil ein: es entwickelt sich wenig Dampf, aber von hoher Temperatur, der aus diesem Grunde eine sehr große Spannung besitzt. Beim ersten Versuch muß der Mangel an Wärme durch ein Uebermaß an Dampf, beim zweiten der Mangel an Dampf durch eine hohe Temperatur ausgeglichen werden.

Bei alledem liegt zwischen diesen Versuchen und ihrer Anwendung in der Industrie noch eine große Kluft. Schwierigkeiten jeder Art sind zu überwinden, und vielleicht wird eine große Reihe von Jahren vergehen, vielleicht werden noch Unsummen Geldes verschwendet, ehe eine nach diesem Princip construirte Maschine Befriedigendes und Nutzenbringendes leistet.[1]

Man wird meine Befürchtungen in dieser Hinsicht begreifen, wenn man bedenkt, daß der erste Versuch mit Dampfmaschinen (die man allgemein als eine Erfindung der neuesten Zeit betrachtet) zweitausend Jahre zurückdatirt.

Eine Maschine, in welcher Wasser im sphäroidalen Zustande zur Anwendung käme, würde sich recht eigentlich für Wagen eignen, die bestimmt sind, auf gewöhnlichen Chausséen zu fahren. Eine Schwierigkeit, welche diese Art des Fuhrwerks bietet, liegt in der Nothwendigkeit, eine große Menge Wasser aufzuladen, oder dasselbe häufig zu erneuern. Eine Maschine, welche mit sphäroidalem Wasser fährt, könnte einen drei mal so weiten Weg zurücklegen als mit derselben Menge Wasser im flüssigen Zustande.

Doch darf man sich keinen Illusionen hingeben und die großen Schwierigkeiten nicht verkennen, welche der Erreichung praktischer Resultate entgegenstehen. Die Gefahr der Explosionen infolge der Ent-

---

[1] Ich glaube indeß, daß schon jetzt das Wasser im sphäroidalen Zustande als vortreffliches Hülfsmittel bei Dampfschiffen Anwendung finden kann. Bei gewissen Verhältnissen des Wetters oder im Kriege kann es nöthig werden, die Kraft der Maschinen momentan zu steigern, und dies kann man leicht durch den Dampf des sphäroidalen Wassers erreichen, ohne daß man an der gebräuchlichen Form der Maschinen eine Aenderung anzubringen brauchte. Im Jahre 1844 schlug ich einem unserer Admirale den gleichzeitigen Gebrauch der beiden Dampfarten vor, und am 18. Mai desselben Jahres erhielt ich von dessen Adjutanten einen Brief, in dem er mir für meine Mittheilung dankt und sie zu prüfen verspricht.

Uebrigens befand sich auf der letzten Ausstellung eine Dampfmaschine aus Amerika, bei welcher gleichzeitig gesättigter und überhitzter Dampf zur Wirkung kommen, und wie man sagt, sollte die Leistung eine sehr zufriedenstellende sein; meine Ansichten über diesen Punkt waren sonach begründet.

wickelung einer so großen Gewalt, welche der Uebergang des Wassers in den flüssigen Zustand im Gefolge hat, die Ausdehnung und Abnutzung der Metalle durch die hohe Temperatur, die zerstörende Einwirkung des überhitzten Wasserdampfes [1] auf Oel, Werg, Leder u. s. w. sind Hindernisse, welche ohne Zweifel nicht auf den ersten Angriff beseitigt werden können und sich noch lange Zeit der Anwendung des Wassers im sphäroidalen Zustande als bewegende Kraft widersetzen werden. Uebrigens ist das Princip gegeben; ein Keim ist vorhanden, den die Zukunft befruchten kann; die Zeit wird ihn entwickeln, wie sie so manche Entdeckung entwickelt hat, bei deren Auftauchen oberflächliche Menschen wol die Frage stellten: wozu soll das dienen?

Wenn dieses Werk in die Hände einiger Ingenieure fällt, empfehle ich das Mitgetheilte ihrer ganzen Aufmerksamkeit. Es handelt sich nicht um neue Maschinen, welche bei aller Vortrefflichkeit ihrer Einrichtung keine Kraft schaffen; sondern um eine neue bewegende Kraft. Die Anstrengungen von Brunel und Thilorier, um die flüssige Kohlensäure zu diesem Zweck zu benutzen, sind bekannt. Nun denn, Wasser im sphäroidalen Zustande ist wie flüssige Kohlensäure, nur daß die Dampfbildung eine viel höhere Temperatur verlangt. Was die ökonomischen Vortheile anbetrifft, so sind dieselben einleuchtend: Die flüssige Kohlensäure wird stets sehr theuer sein, das Wasser kostet nichts; es kann auf Kolben wirken, wie sie heutzutage im Gebrauch sind, während zur Anwendung der flüssigen Kohlensäure alle Theile des Cylinders die Genauigkeit pneumatischer Apparate besitzen müssen.

Alle Vortheile sind auf Seiten des Wassers.

Sprechen wir es nochmals aus: Nicht neue Maschinen sollen erfunden werden, sondern die Anwendung einer neuen bewegenden Kraft. Es gilt, wenn mich nicht Alles trügt, eine Revolution im Reiche des Dampfes! Möge man mich nicht misverstehen! Hier öffnet sich ein Feld der Thätigkeit vielleicht für eine Sache von hoher Bedeutung! [2]

Mehre Ingenieure sind bereits diesem Aufrufe gefolgt, unter Andern Herr Testud de Beauregard. Ich bin Zeuge seiner ersten

---

[1] Der Dampf des Wassers im sphäroidalen Zustande muß wie überhitzter Wasserdampf betrachtet werden.

[2] Man sehe den einundsiebzigsten Versuch; es ist möglich, daß derselbe für die Praxis einen großen Werth besitzt.

Versuche gewesen; aber es ist mir unbekannt, ob seine Anstrengungen mit Erfolg gekrönt worden sind.

Dampfgenerator mit Diaphragmen.

Die Materie, mag sie im festen, flüssigen oder sphäroidalen Zustande sein, verdampft nur an ihrer Oberfläche. Der Schluß liegt daher nahe, daß man durch eine beträchtliche Vergrößerung dieser Oberfläche die Dampferzeugung proportional steigern kann, und wendet man dieses allgemeine Princip auf das Wasser an, so kann man zuversichtlich hoffen, daß man den Dampf unter bessern Bedingungen erhalte als bisher.

Es wurden hierüber nicht ohne Erfolg Versuche angestellt, und ich lege dieselben hiermit der öffentlichen Begutachtung vor; zuvor aber bitte ich, diese Versuche mit einiger Nachsicht aufzunehmen; denn vorzüglich wenn man neue Wege betritt, ist Irrthum stets zu fürchten.

Man hat vielleicht die Versuche noch im Gedächtniß, welche angestellt wurden, um experimentell eine der Ursachen der Dampfkesselexplosionen nachzuweisen. Ein genaueres und vollständigeres Studium dieser Erscheinung hat mir zum Ausgangspunkte bei der Construction des neuen Dampferzeugers gedient, den ich hier beschreiben will:

Der Apparat besteht aus einem Cylinder, der unten in einer Halbkugel endigt; die obere Oeffnung ist durch einen Deckel verschlossen, auf welchem sich alle gewöhnlichen Theile eines Dampfkessels befinden: Speiserohr, Dampfrohr, Reinigungsrohr (purgeur), Manometer, Sicherheitsventil, Proberohr u. s. w.

Dieser Cylinder enthält im Innern 5 — 10 Diaphragmen von Eisenblech mit aufgebogenen Rändern, sie sind abwechselnd leicht concav und convex, und von unten nach oben von kleinen Löchern durchbohrt.

Mittels dieser sehr einfachen Einrichtung dehnt sich das Wasser, ehe es auf den Grund des Cylinders gelangt, über eine sehr große Oberfläche aus. Es fällt in Tropfen vom ersten Diaphragma aufs zweite, dritte und so fort. Da übrigens das oberste Diaphragma convex ist, begibt sich das Wasser nach der Peripherie, auf dem zweiten, concaven, nach dem Centrum u. s. w. Diese Diaphragmen sind in der bestimmten Entfernung an drei eisernen Stäben befestigt.

Die abwechselnd convexe und concave Form dieser Diaphragmen hat zum Zweck, daß das Wasser den größtmöglichen Raum durchlaufen soll, und die kleinen Löcher, durch welche es fällt, vermehren

seine Oberfläche bedeutend, sodaß eine äußerst schnelle Verdampfung stattfinden muß.

Das Dampfabzugsrohr mündet zwischen den beiden untersten Diaphragmen. Durch diese Anordnung soll zwischen allen Theilen des Apparats das Wärmegleichgewicht hergestellt und dem Dampfe constant die Tension ertheilt werden, welche man wünscht. Gewöhnlich wird ein Druck von 5 — 10 Atmosphären angewendet.

Letzterer Spannungsgrad tritt bei ungefähr + 181° C. ein; während nach Baudrimont das Eisen bei + 200° die größte Festigkeit[1] besitzt, sodaß dieser Zufall hier sehr zustatten kommt.

Nichts ist nun einfacher, als diesen Dampfkessel in Thätigkeit zu setzen. Man pumpt 3—4 Litres Wasser hinein und erhitzt.[2] Die Spannung steigt in etwa Dreiviertelstunden auf 6 — 7 Atmosphären. Jetzt läßt man die Maschine gehen. Diese bewegt eine Speisepumpe, deren Gang nach der Quantität Wasser geregelt ist, die der Kessel in Dampf verwandeln kann.

Man wird sich leicht eine Vorstellung von der dampferzeugenden Kraft des Apparats machen können.

Seine Dimensionen sind folgende:

Gesammthöhe	0,64 Meter
Höhe des cylindrischen Theils . .	0,54 =
Durchmesser	0,31 =

Der Cylinder bietet nach Abzug des eingemauerten Theils dem Feuer eine Fläche von ungefähr 0,55 Quadratmeter dar.[3]

Mit diesem Apparat wurde folgender Versuch angestellt:

Dauer des Versuchs	10 Stunden.
Verbrauchte Kohlen	61 Kilogramm.
Verdampftes Wasser	483 Litres.
Ursprüngliche Temperatur des Wassers .	+ 20°
Druck	8 Atmosphären.

---

[1] S. Dictionnaire des arts et manufactures, et., 2[e] edit., par M. C. Laboulaye, art. Chaudière à vapeur, von P. Debette.

[2] Im Anfange erhitzte ich den leeren Apparat, um das Wasser in den sphäroidalen Zustand überzuführen; jetzt fülle ich zuerst Wasser ein und erhitze dann, um das entgegengesetzte Resultat zu erhalten.

[3] 0,55 Quadratmeter Feuerfläche müssen bei den Maschinen nach dem alten System stündlich im Mittel 12 Litres Wasser unter 8 Atmosphären Druck in Dampf verwandeln. Der eben beschriebene Kessel liefert in derselben Zeit und bei demselben Druck 48 Litres Dampf. Die Leistungen verhalten sich sonach wie 1 : 4.

Die Kohlen waren von mittlerer Güte und gaben kaum 6000 Wärmeeinheiten pro Kilogramm. Trotzdem will ich bei der Discussion des Versuchs diese Zahl zugrunde legen.

Nach Morin darf man selbst bei den besten Oefen nur 60 Procent Nutzeffect des Feuermaterials annehmen; die meisten Ingenieure nehmen indeß nur 50 Procent an, welche Zahl ich adoptiren will, weil ich sie der Wahrheit für näher kommend halte. Also hat man:

61 Kilogramm $\times$ 6000 $\times$ 0,50 = 183000 Wärmeeinheiten

In 483 Kilogramm verdampften Wassers sind aber bei einem Druck von 8 Atmosphären

$$483\,(350 + t - t') = 338583 \text{ Wärmeeinheiten}$$

enthalten, wo

$$t = +\,171° \text{ Centimeter}$$
$$t' = +\,20°$$

ist; daher

Absorbirte Wärmeeinheiten	. .	338583
Producirte „	. .	183000
Ueberschuß	. . . .	155583

Man sieht auf einen Blick, daß die angenommenen Voraussetzungen auf diesen Kessel nicht anwendbar sind, denn er würde Wärme produciren, anstatt zu verlieren, was absurd wäre.

Nehmen wir keine Rücksicht auf den Wärmeverlust durch Strahlung und durch den Schornstein, so haben wir

61 Kilogramm Kohlen . . .	=	366000 Wärmeeinheiten
483 Kilogramm Dampf . . .	=	338583 „
Absoluter Verlust . . .	=	27447 Wärmeeinheiten,

was auf 10 Stunden 4,56 Kilogramm oder pro Stunde 0,46 Kilogramm Kohlen entspricht.

Es ist zu bezweifeln, ob man je ein günstigeres Resultat erzielen wird.[1]

Bedient man sich statt der alten Formel der von Regnault

$$k\,(606{,}5 + 0{,}305\,t),$$

so weichen die Resultate etwas ab und stellen sich für mein System, wie übrigens auch für alle andern, ein wenig ungünstiger. Nach der alten Formel enthält 1 Kilogramm Dampf 650 Wärmeeinheiten,

[1] Ein junger Ingenieur, Namens M. A. Jametel, hat den Vorschlag gemacht, einen diesem ähnlichen Apparat mit Kohlenwasserstoffgas zu heizen, aber die Praxis hat diesen Vorschlag noch nicht sanctionirt.

nach der neuen nur 637, sonach pro Kilogramm eine Differenz von 13 Wärmeeinheiten.

Die Vorzüge des neuen Apparats möchten folgende sein: Wenig Masse, wenig Volumen, wenig Brennmaterial und viel Dampf, und vor allem große Sicherheit, denn der Kessel ist inexplosibel [1], wie weiter unten gezeigt werden wird.

Was die Anwendungen dieses neuen Dampfkessels betrifft, so sind sie mannichfach: er liefert eine Kraft für den Hausgebrauch, und man kann wol sagen, daß mit der allgemeinen Einführung solcher Maschinen der Reichthum des Landes und der Wohlstand der arbeitenden Classen sich heben wird; denn die Kraft kann in vielen Fällen für Kessel von nur 2 Pferdekräften gratis erzeugt werden.

In der That heizt dasselbe Feuer, welches den Hobel in Bewegung setzt, den Arbeitsraum, und bildet so zu gleicher Zeit eine Wärme- und eine Kraftquelle.

Endlich kann ein solcher Kessel sammt seinem Ofen als ein leicht bewegliches Möbel betrachtet werden; denn Alles zusammengenommen nimmt noch keinen Kubikmeter Raum ein.

Ich schätze den Nutzeffect eines solchen Kessels auf 1 Pferdekraft oder 75 Kilogrammometer; doch sei dies nur mit Vorbehalt gesagt.

Die Anwendungen eines solchen Apparats dürften etwa folgende sein:

In den Werkstätten: Bewegung von Schleifsteinen, Drehbänken, Sägen, Hämmern, Polirmaschinen, Blasebälgen, Ventilatoren u. s. w.

In Haushaltungen: zum Pulvern, Sieben, Beuteln u. s. w.

An Ankerplätzen, auf Schiffen und Kanälen: Fortbewegung kleiner Dampfschiffe, kleiner unbedeckter Fahrzeuge u. s. w.

Ventilation der Kriegsschiffe und großen Kauffahrer; Ein- und Abladung der Waaren.

Ventilation von Hospitälern.

In der Landwirthschaft für Maschinen jeder Art. —

Die Anwendung dieses Systems auf große Kessel ist noch zu studiren; gelingt sie, so darf wol behauptet werden, daß mit ihr

---

[1] Wenigstens in dem Grade, als es ein Dampfkessel überhaupt sein kann. Man begreift leicht, daß bei solchen Apparaten von absoluter Inexplosibilität nicht die Rede sein kann, sondern höchstens von einer relativen. Die Widerstandsfähigkeit hat ihre Grenzen, und die Kraft, welche vom Feuerherde aus entwickelt wird, ist unbegrenzt. Man wird sonach stets, wenn man will, einen jeden Dampfkessel zum Explodiren bringen können.

die Geschichte des Dampfes in eine neue Phase der Entwickelung tritt. [1]

Erklärung der 12. Figur.

Ein verticaler Querschnitt der beschriebenen Maschine mit allen ihren Theilen. Darunter die Aufsicht eines Diaphragmas.

CC. Kessel durch einen Deckel verschlossen;
A. Speiserohr;
VV. Dampfrohr;
TT. Dampfablaßrohr (tuyau de trop-plein de vapeur);
P. Reinigungsrohr (purgeur ou reniflard);
DDD. Diaphragmen;
E. Proberohr;
S. Sicherheitsventil;
M. Manometer.

Die nebenstehende Figur ist nach einem Dampfkessel gezeichnet, welcher zu den ersten Versuchen gedient hat. Derselbe wurde infolge der damit gemachten Erfahrungen etwas verändert, die Einrichtung ist jedoch im Wesentlichen dieselbe geblieben. So muß das Dampfablaßrohr (T) nicht am Dampfrohr (V), sondern auf dem Deckel des Kessels angebracht sein; das Niveau des Wassers kann viel höher stehen, was gestatten würde, einen Schwimmer mit Lärmpfeife anzubringen. Die Zahl der Diaphragmen ist 10; dies sind Scheiben mit aufgebogenem Rande, wechselweise von einem oder zwei Löchern durchbohrt, wie man weiter unten sehen wird. Diese Diaphragmen können 2 Litres Wasser halten, was die Sicherheit des Apparats vermehrt; denn vorausgesetzt, daß der Boden des Kessels zum Glühen kommt, so wird das Wasser ihn nicht eher benetzen können, als bis er wenigstens zum Theil abgekühlt ist, indem der Dampf sich nur

---

[1] Eine erste Mittheilung über diese Art der Dampfkessel war im Bulletin de la société d'encouragement, Nr. DLXXX, S. 729, und in den Minutes of proceedings of the institution of civil engineers, London, Bd. XI, Th. I, S. 392, abgedruckt. Im darauf folgenden Jahre verlieh dies berühmte Institut dem Verfasser die Medaille von Telford und schrieb dessen Namen in die Liste seiner Mitglieder.

Die Resultate, welche man jetzt mit demselben Kessel erhält, stehen den damaligen weit voran, welche trotzdem Interesse erweckten.

Die Société d'encouragement hörte und adoptirte das Urtheil eines günstigen Berichts über diese Maschine, welcher durch Herrn Callon im Namen des Comité der mechanischen Künste mitgetheilt wurde. Man wird diesen Bericht weiter unten finden.

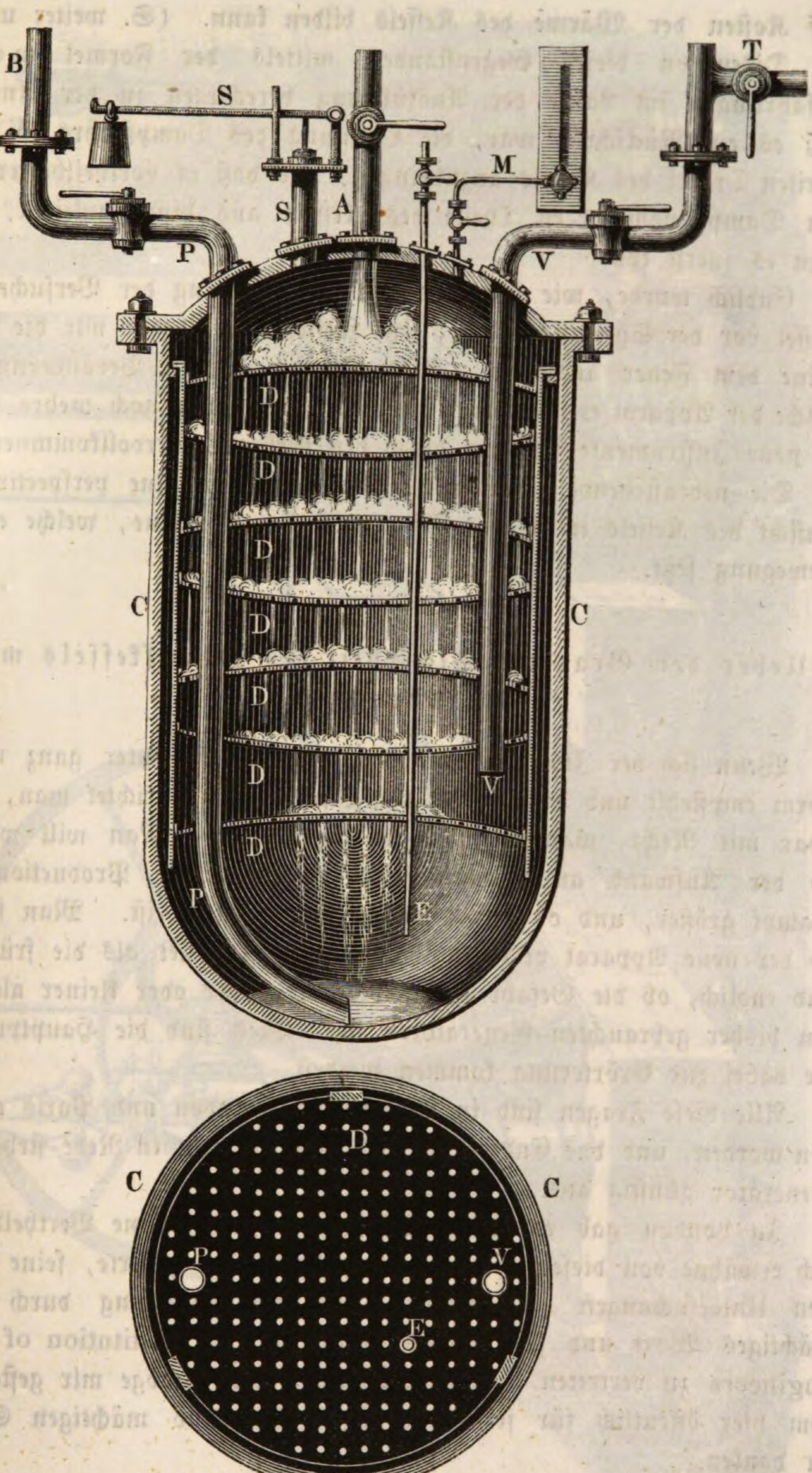


Fig. 12.

auf Kosten der Wärme des Kessels bilden kann. (S. weiter unten die Discussion dieses Gegenstandes mittels der Formel m c t.) Erfahrungen im Laufe der Ausführung berechtigen zu der Ansicht, daß es ein Rückschritt war, die Oeffnung des Dampfrohrs (V) im zweiten Drittel des Kessels anzubringen, und daß es vortheilhafter ist, den Dampf vom obern Theile des Kessels aus hinwegzuleiten, wie man es zuerst that

Endlich wurde, wie schon erwähnt, im Anfang der Versuche der Kessel vor der Speisung erhitzt; jetzt speisen wir, bevor wir die Maschine dem Feuer aussetzen. Dies sind die kleinen Veränderungen, welche der Apparat erlitten hat; vielleicht finden deren noch mehre statt, da neue Instrumente sich nur durch den Gebrauch vervollkommnen.

Die nebenstehende Zeichnung (Fig. 13) gibt eine perspectivische Ansicht des Kessels in seinem Ofen nebst der Maschine, welche er in Bewegung setzt.

Ueber den Grad der Sicherheit des Dampfkessels mit Diaphragmen.

Wenn sich der Industrie eine bewegende Kraft unter ganz neuer Form empfiehlt und diese Kraft der Dampf ist, so richtet man, und zwar mit Recht, mancherlei Fragen an dieselbe. Man will wissen, ob der Aufwand an Brennmaterial geringer, die Production an Dampf größer, und ob dieser trocken und gesättigt ist. Man fragt, ob der neue Apparat verhältnißmäßig weniger kostet als die frühern, und endlich, ob die Gefahr der Explosion größer oder kleiner als bei den bisher gebrauchten Generatoren ist. Dies sind die Hauptpunkte, die dabei zur Erörterung kommen werden.

Alle diese Fragen sind in Amerika, in London und Paris erwogen worden, und das Endresultat fiel stets für den in Rede stehenden Generator günstig aus.

In London gab es heftige Widersacher und warme Vertheidiger. Ich erwähne von diesen Faraday, welcher nicht zögerte, seine schönen Untersuchungen zu verlassen und die Erfindung durch sein mächtiges Wort und sein reiches Wissen in der Institution of civil engineers zu vertreten. Der berühmte Physiker möge mir gestatten, ihm hier öffentlich für seinen wohlwollenden und mächtigen Schutz zu danken.

Ich werde mich bei der folgenden Discussion kurz fassen und nur die Frage nach der Möglichkeit der Explosion meines Generators

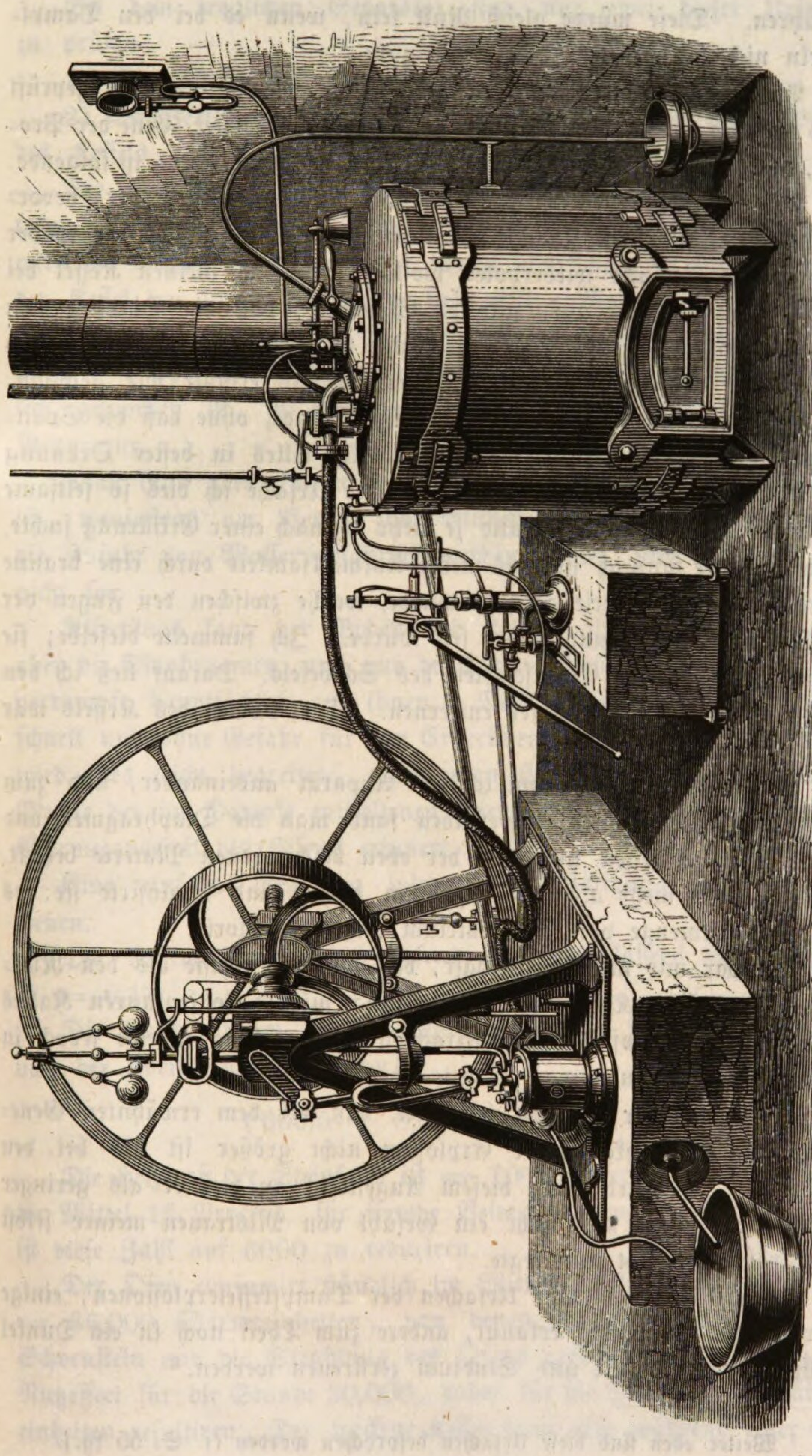


Fig. 13.

berühren. Diese würde gleich Null sein, wenn es bei den Dampfkesseln nicht noch vieles Unbekannte gäbe.

Auch ich habe den Generator durch höchst gewagte Versuche geprüft und niemals das geringste Zeichen von Gefahr beobachtet. Eine der Proben, denen derselbe wider meinen Willen unterworfen wurde, ist folgende.

Als ich nach meiner Rückkehr von England wegen der bevorstehenden allgemeinen Industrieausstellung die ganze Reihe der früher angestellten Versuche wiederholen wollte, stellte ich meinen Kessel bei einer Dampfmaschine auf, und da ich wußte, daß die Diaphragmen vor meiner Abreise vollständig gereinigt worden waren, unterließ ich es, sie zu prüfen. Ich füllte Wasser ein und erhitzte wie gewöhnlich. Es verging eine halbe, eine ganze Stunde, ohne daß die Spannung über eine Atmosphäre stieg, obgleich Alles in bester Ordnung zu sein schien. Ich wußte nicht, welcher Ursache ich dies so seltsame Resultat zuschreiben sollte, und je mehr ich nach einer Erklärung suchte, desto weniger fand ich sie: als meine Aufmerksamkeit durch eine braune durchscheinende Materie gefesselt wurde, welche zwischen den Fugen der Hähne hervorquoll und sofort fest wurde. Ich sammelte dieselbe; sie zeigte äußerlich alle Eigenschaften des Schwefels. Darauf ließ ich den Ofen öffnen und das Feuer entfernen. Der Boden des Kessels war rothglühend.

Am andern Tage nahm ich den Apparat auseinander, und zum großen Erstaunen aller Anwesenden fand man die Diaphragmen und den Kessel zerfressen und mit der eben beschriebenen Materie bedeckt. Ich sammelte mehr als 1 Kilogramm davon und analysirte sie: es war ein Gemenge von Chlorcalcium und Eisenchlorid.

Es war mir nicht zweifelhaft, daß ich diese Masse als den Rückstand von einer Kohlensäureentwickelung mittels kohlensauren Kalkes und Chlorwasserstoffsäure zu betrachten hatte. Wie dieselbe jedoch in den Kessel gekommen war, konnte ich nicht erfahren.

Versuchen wir jetzt zu beweisen, daß bei dem erwähnten Generator die Möglichkeit einer Explosion nicht größer ist als bei den andern. Ich würde von diesem Augenblick an dieselbe als geringer bezeichnen, wenn mir nicht ein Gefühl von Mistrauen meiner selbst die größte Vorsicht auferlegte.

Es existiren zahlreiche Ursachen der Dampfkesselexplosionen; einige davon sind vollständig erkannt, andere zum Theil noch in ein Dunkel gehüllt, welches Zeit und Studium zerstreuen werden.[1]

---

[1] Weiter oben sind diese Ursachen besprochen worden (s. S. 55 fg.).

Bei dem fraglichen Generator sind nur zwei dieser Ursachen zu prüfen:

1) Mangelhafte oder übermäßige Speisung.

2) Die Zersetzung des Wassers durch die rothglühenden Wände des Kessels.

Die mangelhafte Speisung kann Unbequemlichkeiten, aber nie Gefahr zur Folge haben. Denn wenn die Wasserzufuhr aufhört, so wird die Dampfentwickelung sehr schnell abnehmen; in kurzer Zeit ist der Kessel leer und die Maschine steht still. Man wird fast augenblicklich von diesem Zufall in Kenntniß gesetzt und kann dem Uebel durch eine Speisepumpe wieder abhelfen. Wenn die Speisung unmöglich geworden ist, so verlöscht man das Feuer und schreitet zur Reparatur.

Man kann aber einwenden, daß der Kessel, wenn er völlig leer ist, wenigstens am Boden zum Glühen kommen müsse und dann die Zufuhr von Wasser gefährlich werden könne; zum Glück ist dem nicht so.

Allerdings kann der Boden des Kessels glühend werden, nicht aber die Diaphragmen, und nur durch diese fließt das Wasser zu und verdampft hauptsächlich auf ihnen. Das Gleichgewicht wird daher schnell und ohne Gefahr für den Experimentator hergestellt sein. Man wird dies leicht begreifen, wenn man sich an die außerordentliche Menge der im Dampfe enthaltenen latenten Wärme und die geringe Wärmecapacität des Eisens erinnert.

Eine einfache Rechnung wird zur Bestätigung dieser Ansicht dienen.

Die Wärmecapacität des Eisens (die des Wassers = 1 gesetzt) ist = 0,11.

Die Zahl der im Wasserdampf enthaltenen Wärmeeinheiten ist nach der Formel von Regnault

$$(606{,}5 + 0{,}305\ t) = 637.$$

Die Heizkraft der Steinkohle ist = 7000; aber da man 10—20, im Mittel 15 Procent, für fremde Beimengungen abziehen muß, so ist diese Zahl auf 6000 zu reduciren.

Der Ofen consumirt stündlich im Mittel 6 Kilogramm Steinkohle, = 36,000 Wärmeeinheiten, von denen ungefähr $1/_6$ durch den Schornstein und die Strahlung des Ofens verloren gehen, sodaß an Nutzeffect für die Stunde 30,000, daher für die Minute 500 Wärmeeinheiten resultiren. Der trockene Kessel kann also während einer Hei-

zung von 5 Minuten nicht über 2500 Wärmeeinheiten absorbiren. Nehmen wir nun den für unsere Betrachtung ungünstigsten Fall an, daß wirklich diese 2500 Einheiten von 50 Kilogramm Eisen am Boden des Kessels absorbirt seien, so wird dieser kaum auf + 500° erhitzt werden können. Denn um 1 Kilogramm Eisen auf + 500° zu bringen, sind

$$500 \times 0{,}11 = 55,$$

und folglich für 50 Kilogramm

$$55 \times 50 = 2750$$

Wärmeeinheiten nöthig.

Im Kessel finden sich 10 Diaphragmen von 1 — 2 Millimeter starkem Eisenblech, welche 2 Kilogramm Wasser halten können; sonach kann das Wasser nicht eher mit dem Kessel in Berührung kommen, bevor nicht wenigstens 2 Kilogramm davon zugeflossen sind.

Mit diesen Daten wird man die Möglichkeit einer Explosion berechnen können.

Wir setzen voraus, daß die Maschine regelmäßig gehe und 60 doppelte Kolbenstöße in der Minute mache. Jetzt möge das Wasserreservoir leer oder die Pumpe schadhaft geworden, kurz die Speisung unterbrochen sein. Die Maschine wird infolge dessen langsamer gehen, ohne daß sie stärker belastet worden wäre. Endlich wird sie stillstehen und das Manometer auf 0° sinken. Sollte man nun auch jene Verzögerung in der Bewegung nicht bemerkt haben, so ist doch anzunehmen, daß der absolute Stillstand der Maschine die Aufmerksamkeit erregen, und daß man sich beeilen wird, mittels der Handpumpe Wasser in den Kessel zu füllen. Angenommen, daß 50 Kilogramm Eisen (gewiß eine starke Voraussetzung) eine Temperatur von + 500° Centimeter besitzen, so enthalten diese, wie oben ausgeführt, $m c t$, d. i.

$$50 \times 0{,}11 \times 500 = 2750$$

Wärmeeinheiten, welche 4,310 Kilogramm, also nahezu 4,5 Litres Wasser in Dampf verwandeln können. Nun wissen wir, daß alle Diaphragmen zusammengenommen 2 Litres Wasser fassen, und daß die Verdampfung auf dem obersten Diaphragma auf Kosten der in den Wänden des Kessels enthaltenen Wärme beginne und sich bis zum untersten fortsetzen muß. Wenn dem so ist, so muß man zugeben, daß kein Tropfen Wasser bis zum Boden des Kessels gelangen kann, bevor nicht 4 Litres davon zugeflossen sind, welche 2548 Wärmeeinheiten absorbiren. Daher ist von keiner Gefahr die Rede; denn

jetzt sind nur noch 202 Wärmeeinheiten disponibel [1], welche höchstens ⅓ Litre Wasser in Dampf verwandeln können.

Der Leser wolle hierbei ins Auge fassen, daß ich gewissermaßen unmögliche Bedingungen gestellt habe. Denn es wird nicht leicht einen Heizer geben, der nicht, sobald er die Maschine stillstehen und das Manometer auf 0° sinken sieht, sofort die Thür des Ofens öffnen und das Feuer entfernen wird, um nach der Ursache des Stillstandes zu forschen und dieselbe, wenn möglich, augenblicklich zu beseitigen.

Ich mache noch bemerklich, daß dieser Generator mit allen Sicherheitsapparaten versehen sein wird, was ihm, meiner Ansicht nach, eine völlig genügende Sicherheit verleihen muß. [2]

Einige Worte werden hinreichen, um zu zeigen, daß das Bedenken einer übermäßigen Speisung völlig bedeutungslos ist.

---

[1] Der Versuch ist mehrfach wiederholt worden. Die Détails des letztern sind folgende:

Druck	8 Atmosphären.
Stillstand der Pumpe	2 Uhr 25 Minuten.
Oeffnung des Ablaßrohrs	2 " 35 "
Der Kessel ist leer	2 " 38 "
Stillstand der Maschine	2 " 39 "
Druck	½ Atmosphäre.

Die Thür des Ofens bleibt geschlossen und alle Hähne geöffnet, wie wenn Niemand zugegen wäre.

Ich fülle 2 Litres Wasser mittels einer Handpumpe nach	2 Uhr 44 Minuten.
Druck nach 2 Minuten	4 Atmosphären.
Die Maschine beginnt von selbst zu arbeiten	2 Uhr 46 Minuten.
Ich fülle abermals 4 Litres Wasser nach	2 " 51 "
Druck	4½ Atmosphären.
Die Pumpe in Thätigkeit	2 Uhr 53 Minuten.
Druck	8 Atmosphären.

Darauf geht die Maschine wie vorher.

Bei diesem Versuch ist zu bemerken, daß der völlig leere Kessel der Einwirkung des Feuers 5 Minuten lang ausgesetzt gewesen, ein für solche Versuche ziemlich langer Zeitraum.

Uebrigens, wenn Niemand zugegen ist, um den Gang der Maschine zu überwachen, so wird auch Niemand das Feuer schüren, sodaß dessen Intensität sich vermindern und jede Gefahr völlig schwinden muß.

[2] In einem Mémoire, welches ich im Jahre 1855 an die Jury der allgemeinen Industrieausstellung gerichtet, habe ich ausgesprochen, daß dieser Kessel „eine relativ so große Sicherheit gewähre, daß man dieselbe als absolut betrachten könne“.

Zahlreiche Versuche, die nach dieser Zeit angestellt wurden, berechtigen mich, auf meiner Meinung zu beharren.

Um dies sofort klar zu machen, erinnere ich daran, daß das Dampfrohr zwischen dem letzten und vorletzten Diaphragma mündet. Wenn daher die Speisung einen gewissen Grad überschreitet, so steigt das Wasser in dem Dampfrohr auf und die Maschine steht still. Um hier zu helfen, genügt es, die Speisung einige Minuten lang zu unterbrechen, oder besser den Hahn des Reinigungsrohrs zu öffnen, worauf sofort das Gleichgewicht hergestellt sein wird. In beiden Fällen muß man die Speisung vermindern, was entweder durch Verkürzung des Kolbenhubs der Speisepumpe, oder durch Aushängen derselben geschieht u. s. w. u. s. w.

Was nun die Zersetzung des Wassers durch die rothglühenden Wände des Kessels betrifft, so hat mich diese Explosionsursache ein wenig beunruhigt; indeß nur auf kurze Zeit.

Man weiß, daß 2 Volumen Wasserdampf durch Verbindung von 2 Volumen Wasserstoff mit 1 Volumen Sauerstoff erzeugt werden. Wenn daher der Dampf zersetzt wird, so tritt der Sauerstoff an das Eisen, der freie Wasserstoff tritt an Stelle des Dampfes und die Tension bleibt ziemlich dieselbe. Durch bloße Wasserzersetzung ist sonach keine Explosion möglich, wie auch die folgende Gleichung zeigt.

$$6 \text{ Volumen Dampf} + Fe_2 = 6 \text{ Volumen } H + Fe_2O_3.$$

Fe_2O_3, das Eisenoxyd, ist, wie man weiß, fest und durch Wärme unzersetzbar, aber reducirbar durch Wasserstoff. Eliminirt man Fe_2O_3, so bleibt

$$6 \text{ Volumen Dampf} = 6 \text{ Volumen } H.$$

Diese theoretischen Ansichten sind auch durch die Erfahrung vollständig bewahrheitet worden: zwei bronzene Kessel wurden bis zum Schmelzen und ein eiserner so stark erhitzt, daß der kupferne Dampfhahn auf dem Deckel desselben sich mit Oxyd bedeckte, ohne daß sich der geringste Unfall ereignete.

Nimmt man aber auch an, daß unser Generator explodiren könne, was ihn den andern gebräuchlichen Apparaten gleichstellen würde, so sieht man doch leicht ein, daß die Gefahr bei ihm zehn mal geringer sein müßte als bei diesen, aus dem einfachen Grunde, weil er zehn mal weniger Wasser enthält, und dann würde durch die Gegenwart der Diaphragmen, welche im Falle einer Explosion successive brechen müßten, die in dem Dampf enthaltene Quantität der Bewegung vermindert oder absorbirt werden. Aber alles Dieses ginge im Innern des Kessels vor, ohne Gefahr für die in der Nähe befindlichen Personen.

Eine andere Ursache der Sicherheit und auch der Ersparung von Brennmaterial liegt in den Kalksalzen, welche sich immer auf den

Diaphragmen absetzen, und zwar auf den obersten in ziemlicher Menge, dann successive weniger auf den folgenden, während der untere fast frei davon ist. Dieser Umstand stimmt mit den Beobachtungen von Cousté überein, welcher denselben vollkommen bestätigt.[1]

Man kann sich diese Erscheinung durch folgenden sehr einfachen Versuch klar machen. Man nimmt eine Glasröhre von einigen Millimetern Durchmesser und 10 — 15 Centimetern Länge, welche einem Druck von 10 — 12 Atmosphären widerstehen kann, füllt sie zu drei Viertheilen mit Brunnenwasser und schmilzt sie vor der Lampe zu. Dann erhitzt man die Röhre vorsichtig über einer Spirituslampe, wodurch das Wasser sich fast augenblicklich trüben wird.[2]

Der Niederschlag, welcher sich unter dem Einflusse der Wärme und des Drucks bildet, ist in einem eigenthümlichen Molecularzustande, denn er löst sich nicht von neuem, selbst nicht nach sechsmonatlicher Berührung mit dem Wasser.

Noch ein anderer Umstand darf hierbei nicht mit Stillschweigen übergangen werden, das ist die Stabilität des Manometers.

Man erinnert sich, daß das Dampfrohr im untern Theile des Kessels mündet und die Speisung von obenher in der Nähe des Manometerhahnes erfolgt.

Wie soll man nun die fast vollkommene Stabilität des Manometers mit dem bereits oben angeführten Gesetze der Dampfspannung in Einklang bringen, welches lautet: *In einem ungleichmäßig erwärmten Raume ist die Dampfspannung, sobald sich das Gleichgewicht hergestellt hat, in allen Punkten dieselbe und durchaus gleich dem Maximum der Tension, welches den kältesten Theilen des Raumes entspricht.*

Dem zufolge müßte jeder Kolbenstoß der Speisepumpe durch Condensation von Wasserdampf im obern Theile des Apparats einen leeren Raum und große Schwankungen des Manometers hervorbringen. Dies ist jedoch nicht der Fall und das Gesetz ist daher auf unser System nicht anwendbar.

Im Ganzen wird man wohl sagen dürfen, daß der Dampfgenerator

---

[1] Recherches sur l'incrustation des chaudières à vapeur, par M. E. Cousté, und Bericht von *Callon* über das Werk (Annales des mines, V, 1854).

[2] Dieser Versuch bietet ein schnelles Verfahren zur approximativen quantitativen Analyse von Wässern, welche Kalksalze, vorzüglich das Carbonat und Sulfat in Lösung enthalten.

mit Diaphragmen, wenn er in Beziehung auf die Sicherheit den andern Apparaten nicht voransteht, doch gewiß denselben nicht nachzustellen ist; und da er auf dem Gebiete der Industrie eine Lücke ausfüllt, so hoffe ich, daß er endlich, wie alle nützlichen Dinge, seinen bescheidenen Platz einnehmen wird.

Ich schließe dies Capitel mit einem Blick in die Vergangenheit und Zukunft, um zu zeigen, daß es fast immer vermessen ist, der reinen Wissenschaft ebenso wol wie ihren Anwendungen Grenzen stecken zu wollen.

Vor einigen Jahren wurde ausdrücklich verordnet, an allen Dampfkesseln Metallplatten anzubringen, welche nahe bei der Temperatur des höchsten Drucks schmelzbar sind; heute bedient man sich ihrer nicht mehr, und ich bin der Meinung, daß man sehr recht daran thut.

Es ist gegenwärtig ausdrücklich verboten, das Wasserniveau in den Dampfkesseln unter die obere Grenze der Feuerkanäle sinken zu lassen, und eine solche Verordnung findet alle Welt in diesem Moment höchst weise; aber werden Zeit und Erfahrung diese Meinung nicht ändern? Was mich betrifft, so glaube und hoffe ich es; denn es würde für die Industrie eine große Wohlthat sein; man sparte an Brennmaterial, erzeugte heißern Dampf, und diesen in größerer Menge, infolge einer bessern Absorption der in den heißen Gasen, die sich auf der Feuerstätte entwickeln, enthaltenen Wärme.

Die Vervollkommnung des Dampfkessels mit Diaphragmen und die Ueberzeugung von seiner Sicherheit wird vielleicht die Zeit früher herbeiführen helfen, wo man ohne irgendwelche Gefahr das Niveau in horizontalen, mit Diaphragmen versehenen Dampfkesseln erniedrigen darf; und ich muß gestehen, daß es mich sehr erfreuen würde, etwas zur Erreichung eines solchen Resultats beigetragen zu haben.

Theorie des Generators mit Diaphragmen.

Man wird sich erinnern, daß dieser Kessel cylindrisch ist und unten kugelförmig endigt, daß er nur ungefähr zu einem Drittel seiner Höhe mit Wasser gefüllt, und daher der größte Theil seiner innern Oberfläche trocken ist, daß endlich die dampferzeugende Kraft von Dampfkesseln mit Siederöhren sich zu der seinigen verhält = 1 : 4. Statt dieses Verhältnisses wollen wir setzen wie 1 : 3, da es stets vorzuziehen ist, mehr zu geben, als man verspricht.

Prüfen wir nun mit diesen Voraussetzungen, wie die Vorgänge im Innern des Kessels sind.

Der im untern Theile des Kessels erzeugte Dampf steigt empor, überhitzt sich durch die cylindrische Wand des Gefäßes, wird sofort

über dem ersten Diaphragma gesättigt; darauf berührt er abermals und in größerer Menge die Kesselwand, wird wiederum überhitzt und durch das zweite Diaphragma von neuem gesättigt; das wiederholt sich mehre male, bis er in großer Menge und vollkommen gesättigt im obern Theile des Kessels anlangt. Um sich davon zu überzeugen, daß ein solcher Vorgang stattfindet, und daß die Kesselwände nicht zum Glühen kommen können, genügt es, die Wärmecapacitäten des Eisens und des Wassers zu berücksichtigen, und an die enorme Menge statischer (latenter) Wärme zu denken, welche im Dampf enthalten ist. (S. weiter oben: Ueber den Grad der Sicherheit des Dampfkessels mit Diaphragmen.)

Diese einfache Theorie ist ebenso wenig zu bezweifeln, als die große Menge Dampf, welche ein solcher Generator gibt. Wie aber geht es zu, daß in einer gegebenen Zeit in diesem Kessel eine drei mal größere Wärmemenge wirkt als in den andern; denn um drei mal mehr Dampf zu erzeugen, ist nothwendig drei mal mehr Wärme erfoderlich? Hierin liegt die große Schwierigkeit. Man kann jetzt nur Hypothesen aussprechen, die sich gründen

1) auf die Capillarität;

2) auf das schlechte Wärmeleitungsvermögen des Wassers;

3) auf das verhältnißmäßig ausgezeichnete Wärmeleitungsvermögen des Eisens;

4) auf die Adiathermansie des Wassers;

5) endlich auf die Diathermansie der Gase und Dämpfe und deren große Beweglichkeit.

Betrachten wir jetzt den Kessel ohne Diaphragmen und zu drei Viertheilen mit Wasser gefüllt. Der untere Theil ist der directen Einwirkung des Herdfeuers, der obere der der warmen Gase ausgesetzt.

Vom untern Theile des Kessels steigen Ströme nach oben und kreuzen sich in allen Richtungen mit den weniger zahlreichen und weniger schnellen, die von der Seite des Kessels ausgehen. Bald darauf bilden sich am Boden des Kessels Wasserblasen und gelangen endlich bis zur Oberfläche des Wassers, welches dann zum vollen Sieden kommt.

Aber um dieses Wasser von den Wänden des Kessels zu lösen, ist eine Kraft erfoderlich, welche genau derjenigen gleichkommt, die dasselbe an der Wand festhält: das ist die Capillarität. Um diese Kraft, wenigstens im vorliegenden Fall, zu messen, fehlen uns aber durchaus alle Mittel. Wir können ihrer hier nur erwähnen, vielleicht um die Aufmerksamkeit der Gelehrten auf diesen Punkt zu lenken.

Wenn in diesem Dampfkessel Dasselbe stattfindet wie beim fünfundsechzigsten Versuch, so würde der Boden kalt sein, und man müßte zugeben, daß die Wärme an dieser Stelle mit einer unendlichen oder wenigstens hinreichend großen Geschwindigkeit durch die Wand dringt, um zur Vereinigung mit dem Eisen keine Zeit zu haben und ganz in das Wasser überzugehen, welches sie in Dampf verwandelt.

Um diese Thatsache recht zu verstehen, muß man sich vergegenwärtigen, daß die Theile, wo sich der Dampf im Ueberfluß bildet, trocken sind, also der Wärme den freien Eintritt in den Kessel gestatten; ferner muß man sich erinnern, daß die Theile eines Dampfkessels, welche der Strahlung des Herdfeuers ausgesetzt sind, drei mal soviel Dampf produciren als die übrigen.

Dessenungeachtet dürfte nach den im Allgemeinen angenommenen Voraussetzungen unser Kessel, ohne Diaphragmen, stündlich nur 12—15 Litres Wasser in Dampf verwandeln, und der Versuch hat uns gezeigt, daß er mit seinen Diaphragmen drei mal soviel erzeugt. Inzwischen besitzt in beiden Fällen das Eisen die gleiche wärmeleitende Kraft: man muß daher die Verzögerung in der Dampfproduction einer besondern Action des Wassers zuschreiben.

Man weiß, daß das Wasser ein sehr schlechter Wärmeleiter und daß es adiatherman ist, das heißt, daß es die Wärmestrahlen unvollkommen und im sphäroidalen Zustande gar nicht durchläßt; es ist ferner bekannt, daß die Gase und Dämpfe diatherman sind oder der strahlenden Wärme leicht den Durchgang gestatten.

Daher könnte man sagen, daß in dem Falle, wo der Kessel ohne Diaphragmen angewendet wird, die Wärme an der innern Wand des Kessels einer Wasserschicht begegnet, sich daran bricht, nach außen zurückkehrt und sich dort durch Strahlung oder durch den Schornstein verliert.

Es findet hier Dasselbe statt, wie wenn eine Wasserwelle, die sich an einer Wand bricht, reflectirt wird, rückwärts läuft, um zurückzukommen, darauf abermals reflectirt zu werden und jedesmal eine gewisse Quantität der Bewegung zu verlieren. Der letztere Vorgang läßt sich experimentell bestätigen. Man füllt ein cylindrisches, wenig tiefes Gefäß mit Wasser und läßt einen Tropfen hineinfallen, welcher die ganze Oberfläche vom Centrum nach der Peripherie und umgekehrt in Undulationen versetzt. Wenn man die Wellen nicht auf der Oberfläche bemerkt, so sieht man sie sich auf dem Boden des Gefäßes abzeichnen infolge ihrer Einwirkung auf das Licht, welches sie brechen und zurückwerfen.

Betrachten wir nun den Kessel mit seinen Diaphragmen, so wird der Vorgang ein ganz anderer sein. Wenn der Kessel leer von Wasser ist, so werden die Wärmewellen ohne Hinderniß seine Wand durchsetzen; einmal eingedrungen, werden sie nur in Verbindung mit Wasser, das ist unter der Form von Dampf wieder austreten.

Wenn unsere Auffassung eine irrthümliche ist, so hat sie wenigstens den Vorzug großer Einfachheit. Man kann sie folgendermaßen zusammenfassen:

Bei gefülltem Kessel: Reflexion der Wärmewellen.

Bei wasserleerem aber dampferfülltem Kessel: ungehinderter Eintritt der Wärmewellen durch die Wände, darauf schnelle Uebertragung der Wärme des Kessels an das Wasser der Diaphragmen durch den Dampf.

Dies ist der Versuch einer Theorie, welche wir dem Urtheile der Leser empfehlen mit der Bitte, eine andere aufzustellen, wenn sie diese für unzulässig halten. (S. den dritten Theil dieses Werkes §. 5.)

Gestatten wir jetzt den Organen der Jury international und der Société d'encouragement, den Herren Professoren Tresca und Callon, das Wort.

Bericht des Herrn Tresca im Namen der Jury international.

„Die Arbeiten des Herrn Boutigny (aus Evreux) über die Eigenschaften des Wassers im sphäroidalen Zustande sind wohlbekannt; sie haben Veranlassung zu einigen Untersuchungen über die Erzeugung von Dampf in Berührung mit starkerhitzten Metallflächen gegeben. Der von Herrn Boutigny ausgestellte Kessel nähert sich indessen sehr den gewöhnlichen verticalen Kesseln in dem Sinne, daß er bis zu einem Theile seiner Höhe mit Wasser gefüllt ist. Das Wasser, welches zur Speisung dient, fließt durch den obern Theil des Kessels auf durchlöcherte Diaphragmen, die sich über dem Wasserspiegel befinden und eine ziemlich hohe Temperatur besitzen. Das Wasser läßt auf denselben die incrustirenden Substanzen zurück, welche sich sonach nicht anderswo ansammeln können. Ein Kessel nach diesem System, von Herrn Boutigny zu la Vilette angewendet, erzeugte mit 13 Kilogramm Brennmaterial 123 Kilogramm Dampf und 8 Atmosphären Spannung; das Wasser, welches zur Speisung diente, war durch Dampfcondensation vorgewärmt. Ungeachtet dieser großen Leistung strömte der Dampf trocken aus, und dieser kleine Kessel schien hauptsächlich dadurch bemerkenswerth, daß jeder Quadratmeter Feuerfläche

in der Stunde mehr als 80 Kilogramm Dampf producirte. Es besitzt daher ein Dampfkessel nach diesem System äußerst reducirte Dimensionen. In der Erwartung, daß die Erfahrung über die praktischen Bedingungen dieses Apparats entscheide, überreicht die Jury dem Herrn Boutigny für seine Arbeiten die Medaille der zweiten Classe."

Bericht des Herrn Callon, im Namen des Comité des arts mécaniques der Société d'encouragement, über einen neuen Dampfgenerator des Herrn Boutigny (aus Evreux).

„Herr Boutigny (aus Evreux) hat der Société einen nach einem neuen System construirten Generator vorgeführt, welcher schon durch eine Beschreibung nebst Zeichnung im Bulletin bekannt war.

„Der Zweck, welchen der Erfinder im Auge hatte, war, auf einem kleinen Raum eine verhältnißmäßig beträchtliche Dampfbildung zu erlangen, das heißt das Aequivalent einer großen Feuerfläche der gewöhnlichen Dampfkessel zu finden.

„Zu diesem Zweck ist der Kessel, der aus einem verticalen, mit einem Deckel verschlossenen Cylinder besteht, in seinem Innern mit einer gewissen Anzahl übereinandergesetzter durchlöcherter Diaphragmen versehen, durch welche das Wasser, das zur Speisung dient, herabfließt.

„Diese Diaphragmen, zum Theil durch Berührung, hauptsächlich durch Strahlung des Kesselkörpers erhitzt, bewirken eine schnelle Dampfbildung, welche unmittelbar durch den Contract jedes Wassertropfens mit dem Boden des Kessels vollendet wird.

„Der Kessel ist daher stets fast leer von Wasser; seine Wände erreichen somit eine hohe Temperatur, welche sich den Diaphragmen und von diesen dem Wasser mittheilt.

„Herr Boutigny hat in der erwähnten Beschreibung die Détails eines mit der Maschine ausgeführten Versuchs beschrieben. Das Comité hat einen ähnlichen angestellt und denselben fast 6 Stunden lang fortgesetzt, wobei alle Vorsichtsmaßregeln angewendet wurden, um das Gewicht des consumirten Brennmaterials zu bestimmen und direct das Speisungswasser zu messen; in gleicher Weise trug man Sorge, durch häufiges Oeffnen eines Hahnes sich davon zu überzeugen, daß der Dampf alle Eigenschaften des trockenen Dampfes zeige. Auf unser Verlangen wiederholte Herr Boutigny am andern Tage den Versuch, wobei er ebenso verfuhr, jedoch die Vorsicht gebrauchte, das Feuer weniger stark zu erhalten, und außerdem den Vortheil hatte, daß der Ofen vom vorhergehenden Versuch noch warm war.

„Endlich ist während der Arbeiten der Jury international mit den Apparaten, die sich auf der Ausstellung von 1855 befanden, eine große Zahl von Versuchen angestellt worden.

„Die bei diesen verschiedenen Versuchen erhaltenen Resultate sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

	1. Versuch von Herrn Boutigny.	2. Versuch des Comité.	3. Versuch von Herrn Boutigny.	4. Versuch auf der Ausstellung.
Feuerfläche des Kessels.	0,55 Meter	0,55 Meter	0,55 Meter	0,55 Meter
Zahl der Diaphragmen	5	7	7	10
Dauer des Versuchs..	9 St.	5 St., 30 M.	10 St., 30 M.	2 St., 28 M.
Stündlich verbrauchte Kohlen	9 Kil.	8,9 Kil.	5,66 Kil.	5,27 Kil.
Stündlich verdampftes Wasser	39 Kil.	42 Kil.	39,85 Kil.	54,5 Kil.
Für jeden Kilogramm Kohle erzeugter Dampf	4,33 Kil.	4,7 Kil.	6,9 Kil.	10,4 Kil.
Stündlich für den Quadratmeter Feuerfläche erzeugter Dampf....	71 Kil.	70 Kil.	77 Kil.	101 Kil.
Stündlich verbrauchte Kohlen	16,4 Kil.	16 Kil.	10,3 Kil.	9,6 Kil.
Mittlere Spannung..	10 Atmosph.	7,1 Atm.	7 Atmosph.	7,28 Atm.

„Diese Tabelle gestattet folgende Schlüsse. Zunächst sieht man, daß man bei den beiden ersten Versuchen das Feuer in Beziehung auf die kleine Feuerfläche zu lebhaft unterhalten hat, und daß die Producte der Verbrennung nicht genügend ihrer Wärme beraubt sein konnten, sodaß der Kessel, wenn er auch für den Quadratmeter Feuerfläche eine hinreichend große Menge Dampf producirt hat, doch für den Kilogramm der verbrauchten Kohlen eine ziemlich schwache Wirkung zeigte; oder mit andern Worten: daß diese Versuche in ökonomischer Beziehung mittelmäßige Resultate geliefert haben, wie dies ja auch jeder andere Dampfkessel unter ähnlichen Bedingungen thut. Als man im Gegentheil das Feuer etwas schwächer brennen ließ, das heißt so, daß man nicht mehr als 9 — 10 Kilogramm für den Meter Feuerfläche verbrauchte, als man mit einem schon erwärmten Ofen experimentirte, und hauptsächlich als man durch Vermehrung der Diaphragmen das Aequivalent einer größern Feuerfläche herstellte, wurden die Resultate sehr befriedigend.

„Im Ganzen kann man behaupten, daß wenn der Kessel des Herrn Boutigny nicht als ein Apparat betrachtet werden soll, der bezüglich der Oekonomie des Brennmaterials höhere Resultate gibt,

derselbe doch wenigstens bei kleinerm Volumen und ohne Nachtheil eine Verdampfungskraft besitzt, welche der der gewöhnlichen Dampfkessel mit mindestens drei mal größerer Feuerfläche gleichkommt.

„Dieser Umstand ist, besonders für viele pariser Industriezweige, von Interesse, welche häufig an Orten betrieben werden, wo der Raum nichts weniger als überflüssig ist. In dieser Beziehung liefert der Kessel des Herrn Boutigny sozusagen eine Ergänzung zu den Maschinen von kleinem Volumen und großer Geschwindigkeit, welche seit einigen Jahren viel gebraucht werden, da sie einem wirklichen Bedürfnisse, der Raumersparniß, genügen. Mit einem Kessel des Herrn Boutigny und einer Maschine, wie sie Flaud und Andere construirt haben, kann man bei kleinem Volumen und geringen Kosten (was wohl zu berücksichtigen ist) eine Wirkung erzielen, welche für die meisten pariser Ateliers ausreichen wird.

„Dies ist nach der Ansicht des Comité die Rolle, welche der in Rede stehende Generator zu spielen berufen sein wird, wenn er nicht beim Gebrauch einige Unbequemlichkeiten bietet, wie zum Beispiel die der schnellen Abnutzung der Kesseltheile; ein Umstand, über den nur die Erfahrung entscheiden kann.

„Hierbei ist es natürlich, die Frage aufzuwerfen, ob nicht schon andere Dampfkessel existiren, welche bei kleinem Volumen eine große Feuerfläche bieten. Man wird sofort an die Röhrenkessel mit innerer Feuerung denken. Aber diese Kessel bieten, vorzüglich bei kleinern Dimensionen und unter weniger sorgfältigen Händen, sehr bemerkenswerthe Schwierigkeiten rücksichtlich der Unterhaltung und Reinigung. Der Dampfkessel des Herrn Boutigny hingegen läßt sich sehr leicht reinigen. Entfernt man den Deckel und die Diaphragmen, so kann man jeden Theil des Innern erreichen. Uebrigens verdient ein Umstand, welcher zugleich deutlich den Nutzen der Diaphragmen zeigt, hervorgehoben zu werden, daß sich nämlich auf diesen und hauptsächlich den obern die erdigen Theile des Wassers ablagern, während der Cylinder selbst vollkommen frei davon bleibt. Nichts ist daher leichter, als eine Reinigung vorzunehmen, indem man nur nöthig hat, den Deckel abzuheben, die Diaphragmen herauszunehmen, welche man nach Bequemlichkeit reinigt, einen andern Satz dafür einzulegen und zu verschließen. Dies kann im Nothfall selbst an den Tagen geschehen, wo der Kessel arbeitet, denn ist einmal der Deckel aufgesetzt, so kann man die Maschine binnen wenigen Minuten wieder in Thätigkeit setzen.

„Auch bezüglich der Sicherheit ist die Maschine einer kurzen Be-

trachtung zu unterwerfen. Der Umstand, daß bei ihr die Wände der directen Einwirkung des Feuers ausgesetzt sind, ohne von der andern Seite mit Wasser in Berührung zu sein, bildet einen directen Gegensatz zu dem Princip, welches den gewöhnlichen Dampfkesseln zugrunde liegt. Indessen scheint die Einschaltung der Diaphragmen zwischen dem Theile der Kesselwand, welcher zufällig zum Glühen kommen kann, und der Mündung des Speiserohrs einer zu heftigen Dampfbildung zuvorzukommen. Tritt dieser Fall übrigens ein, so wird man, da der Apparat nur wenig Wasser enthält, da er im Allgemeinen nur für geringe Kräfte angewendet wird und infolge dessen kleine Dimensionen besitzt, wahrscheinlich vor den zerstörenden Wirkungen bewahrt sein, welche der Explosion eines gewöhnlichen Kessels folgen. Wir verkennen bei alledem nicht, daß dieser Kessel mit Umsicht behandelt zu werden verlangt, daß man für eine regelmäßige und continuirliche Speisung zu sorgen hat, und daß man hauptsächlich vermeiden muß, plötzlich Wasser in großer Menge nachfließen zu lassen, wenn nach unterbrochener Speisung der Kessel eine zeitlang leer gewesen ist.

„Fassen wir alle diese Betrachtungen zusammen, so geht die Ansicht des Comité dahin, daß der zur Prüfung vorliegende Generator, wenn er auch in Beziehung auf den Verbrauch von Brennmaterial nicht gerade besondere Vortheile darzubieten scheint, mit Umsicht gehandhabt zu werden verlangt und endlich befürchten läßt, daß der Körper des Kessels nur eine beschränkte Dauer haben möchte, dennoch bezüglich des Preises der ersten Einrichtung, des geringen Raumes, welchen er beansprucht, der Leichtigkeit seiner Reinigung und der großen Schnelligkeit, mit der er in Gang zu setzen ist, bemerkenswerthe Vortheile besitzt, welche wohl von den Industriellen berücksichtigt zu werden verdienen.

„Das Comité schlägt daher vor, Herrn Boutigny für seine Mittheilung zu danken und vorliegenden Bericht in dem Bulletin der Société abzudrucken.

J. Callon,
Berichterstatter.

Beschlossen in der Sitzung
vom 9. Jan. 1856."

Der Leser wird sicher die bedeutenden Verschiedenheiten bemerkt haben, welche sich zwischen den Resultaten mehrer Versuche zeigen. Dies rührt, wie Herr Callon bemerkt, daher, daß bei einigen derselben der Ofen kalt, bei andern warm war. Bei den Versuchen,

die Herr Tresca in meiner Abwesenheit angestellt hat, war der Kessel seit mehren Tagen in Thätigkeit und enthielt 10 Diaphragmen.

Aber ich glaube, daß die Herren Tresca und Callon nicht genügend die Natur des durch meinen Generator erzeugten Dampfes hervorgehoben haben, welcher stets trocken und gesättigt ist. Dies Resultat ist von einer solchen Bedeutung, daß es meiner Meinung nach allein genügen sollte, meinem System die Annahme zu sichern. Denn eine übermäßige Erzeugung von trockenem und gesättigtem Dampf hat nothwendig eine übermäßige Ersparung von Brennmaterial und eine größere Kraft des Dampfes im Gefolge, weshalb man letztern langsamer ausströmen lassen kann.

Dazu kommt, daß man aus solchen Kesseln vortreffliche Destillirapparate für Meerwasser machen könnte.

Nach Herrn Callon „verlangt dieser Kessel mit Umsicht gehandhabt zu werden". Ich kann dieser Ansicht nicht beitreten, und Jeder, der das Vorhergehende gelesen hat und sich besonders dessen erinnert, was auf Seite 105 in der Note gesagt ist, wird meiner Meinung sein; aber als allgemeine Bemerkung theile ich die Ansicht des Herrn Callon vollkommen und halte dafür, daß alle Dampfkessel mit Sorgfalt gehandhabt werden müssen. Uebrigens wird es nicht leicht einen Heizer geben, der nicht manche auf den Gebrauch der Dampfkessel bezügliche Dinge wüßte, welche andern Personen unbekannt sind.

Schließlich bitte ich die Herren Tresca und Callon, meinen Dank entgegenzunehmen und mir die Discussion einiger Punkte ihres Berichts nicht übel zu deuten.

Endlich ist es für mich eine angenehme Pflicht, die Namen der Ingenieure und Arbeiter zu verzeichnen, welche mich bei meinen Versuchen unterstützt haben. Es sind die Herren Cavé, Durenne, Le Maître, J. L. Blanc, J. Mareschal, Bertrand, Bauwens, Gebrüder Boudier, V. Colliau und Harry, Ingenieure; A. Fouché, Painquin, Arnould, Bellet, Bilbaut, J. V. Brébant, Boichut, E. Brézillon, Cheneval, R. Doublemard, H. Gouttière, C. E. Guillaume, Jouaux, Lassalle, J. Libert, Patat, H. Raymond und Troussier, Mechaniker, Kesselmacher und Heizer u. s. w.

Mein Sohn verdient wegen seiner Geschicklichkeit und Hingebung einer besondern Erwähnung, und ich lasse sie ihm von ganzem Herzen zutheil werden.

Anwendung der Diaphragmen auf große Dampfkessel; gemischtes System von Boutigny.

Es ist bemerkt, daß über die Anwendung dieses Systems auf große Kessel Versuche anzustellen seien. Wir selbst haben seit dem Beginn unserer Untersuchungen die so werthvolle Eigenschaft der Diaphragmen erkannt, die festen Bestandtheile des Wassers zurückzuhalten, und seit jener Zeit eröffnete sich eine neue und weite Aussicht zu bedeutenden Vervollkommnungen in der Construction der Dampfkessel.

Die Diaphragmen vervielfältigen zu gleicher Zeit die Fläche des Wassers und trennen letzteres von seinen erdigen Bestandtheilen. In dieser doppelten Hinsicht wird Niemandem ihre große Bedeutung entgehen.

Wie man weiß, hatten wir bei der Construction unsers Generators hauptsächlich im Auge, den Gebrauch des Dampfes allgemeiner, leichter, ökonomischer und für kleinere Ateliers anwendbar zu machen; mit einem Worte, wir hatten die Erschaffung einer Kraft für kleinere Arbeit im Sinne, und in dieser Hinsicht glauben wir hinreichenden Erfolg gehabt zu haben, um die Hoffnung zu hegen, daß in kurzer Zeit der Gebrauch unsers Kessels ein allgemeiner werde.

Aber das Problem der Anwendung unsers Systems auf größere Dampfkessel blieb noch zu lösen, und die so bemerkenswerthen Eigenschaften unserer Diaphragmen lieferten uns die Mittel dazu.

So entstand das neue System der Dampfkessel, welches von der Société Moinier et Compagnie den 30. März 1855 unter dem Namen: Gemischtes System von Boutigny patentirt worden ist.

Ich halte es indeß für Pflicht, zu sagen, daß dies neue System noch nicht durch die Erfahrung sanctionirt ist; es hat noch nicht die unerläßliche Prüfung der Praxis und der Zeit, dieser höchsten Richter in allen Dingen, bestanden.[1]

Die Einrichtung besteht in Folgendem: Eine oder zwei Sieferöhren communiciren mit einem Kessel, in welchem auf die bekannte Weise mehre von kleinen Löchern durchbohrte Diaphragmen befestigt sind.

Diese Löcher könnten durch eine gewisse Anzahl cylindrischer Röhren

---

[1] Nach einer solchen Erklärung sei es mir erlaubt hinzuzufügen, daß mir der Erfolg durchaus nicht zweifelhaft erscheint; dieselben Ursachen müssen stets dieselben Wirkungen hervorbringen.

von einem größern Durchmesser ersetzt werden, die um 1—10 Millimeter hervorragen, wodurch eine Wasserschicht von einer solchen Dicke auf den Diaphragmen stehenbleiben würde. Diese Einrichtung, vielleicht weniger zweckmäßig für die Verdampfung, würde besonders geeignet zur Zurückhaltung der im Wasser gelösten Salze sein.

Der Apparat ist übrigens mit allen den Theilen versehen, welche man bei gewöhnlichen Dampfkesseln findet, wie auch die Erklärung der Figur zeigen wird.

Das Siederohr ist bis zur Mitte des Communicationsrohrs mit Wasser gefüllt, indeß kann das Niveau auch ohne Nachtheil bis zum obern Rande des letztern steigen oder bis zum untern sinken.

Vielleicht würde es aber, wie auch Herr Gallon, Marineingenieur, meint, vortheilhaft sein, das Niveau über die Verbindungsröhre hinaussteigen zu lassen, sodaß das Wasser im Kessel einige Centimeter hoch steht. Es würde dies ein beinahe sicheres Mittel sein, der Zerstörung der Communicationsröhren und des Kessels durch die directe Einwirkung des Feuers vorzubeugen. Diese Maßregel scheint mir zweckmäßig und ich habe sie seitdem befolgt.

Wasserstandsröhren verbinden die Siederöhren mit dem Kessel und zeigen jeder Zeit das Niveau an.

Die Speisung des Kessels muß constant sein und derart geleitet werden, daß stets soviel Wasser nachfließt, als der Apparat in Dampf verwandeln kann.

Die Spannung soll nie unter 5 Atmosphären sein und darf ohne Gefahr bis zu 10 gesteigert werden.

Hiernach wird man leicht die Function der Diaphragmen übersehen. Sobald das Wasser auf das erste Diaphragma fließt, nimmt es eine Temperatur von 150°—180° an, und die Kalksalze, welche es in Lösung enthält, setzen sich unmittelbar auf diesem Diaphragma ab. Was von solchen Salzen mit durchfließt, setzt sich auf dem zweiten ab und so fort, und in das Siederohr gelangt nur Wasser, welches keine Incrustationen mehr erzeugen kann. Dies ist, ich wiederhole es, ein außerordentlicher Vortheil; denn aus den schönen Untersuchungen von Cousté, die ich schon citirt habe, geht hervor, daß die Incrustationen der Kessel einen Verlust von 40—66, im Mittel also von 53 Procent des Brennmaterials bewirken.

Aber die Anwendung der Diaphragmen hat, wie man gesehen, einen andern Zweck, der von nicht geringerm Nutzen ist als der erwähnte: den Zweck nämlich, das Wasser zu vertheilen, seine Ober-

fläche beträchtlich zu vervielfachen und dadurch die Schnelligkeit der Dampfbildung bedeutend zu steigern.

Das Siederohr und der Kessel sind parallel und liegen horizontal; indeß kann man leicht die Anordnung dadurch vervollkommnen, daß man auf dem horizontalen Siederohr mehre verticale Kessel mit Diaphragmen placirt.

Letztere Einrichtung kann in gewissen Fällen große Vortheile bieten, worüber die Praxis bald entscheiden wird. Was die Schiffskessel betrifft, so würden sie mit innerer Feuerung und obenauf stehenden senkrechten Kesseln mit Diaphragmen anzulegen sein. Passende Umhüllungen von Eisenblech, die mit Wasser oder andern schlechten Wärmeleitern gefüllt sind, würden das ganze System vervollständigen, welches, wie ich glaube, berufen sein dürfte, in der Schiffahrt eine bedeutende Rolle zu spielen.

Solche horizontale Kessel mit innerer Feuerung und einer gewissen Anzahl obenauf stehender senkrechter Kessel mit Diaphragmen müßten auch für Locomotiven, welche nur schwer trockenen Dampf geben, sehr passend sein. Die Kessel mit Diaphragmen hingegen geben, wie schon erwähnt, nur solchen Dampf; und dies ist ein Vortheil, den alle Ingenieure zu schätzen wissen werden.

Wenn man sich an Das erinnert, was weiter oben von den eigentlichen und den verticalen Kesseln gesagt ist, so sieht man, daß dieselben auf einmal folgende Functionen verrichten:

1) des Generators,
2) des Ueberheizers,
3) des Reinigers,
4) des Dampfkastens.

Der Ofen muß bei dieser Art von Dampfkesseln so angelegt sein, daß die ganze Oberfläche des Siederohrs so vollständig als möglich der *directen*, und die der Kessel der *indirecten* Einwirkung des *Feuers* ausgesetzt ist, sodaß letztere vor der Strahlung des Herdfeuers geschützt ist.

Die Hauptvortheile dieses Systems sind: Raumersparniß und geringere Masse im Vergleich zu den ältern Generatoren; bedeutend größere Dampferzeugung in einer gegebenen Zeit; Production trockenen Dampfes von hohem Druck; geringere Explosibilität; geringerer Preis und erleichterte Reinigung; Wegfall der Incrustationen; erhöhte Geschwindigkeit bei Dampfschiffen, da die Menge des mitzuführenden Wassers äußerst gering ist; vergrößerte Stabilität der Schiffe durch Erniedrigung des Schwerpunktes; endlich Ersparung von Brennmaterial.

Es ist schon oben erwähnt, daß die Reinigung solcher Dampfkessel äußerst leicht ist. Die Diaphragmen, auf denen sich ausschließlich die erdigen Bestandtheile des Wassers niederschlagen, sind stets leicht herauszunehmen und wiedereinzusetzen; für den Nothfall kann man mehre Sätze davon haben, sodaß man, während der eine in Activität ist, den andern reinigen kann.

Der kleine Kessel von 1849 bedurfte, wie oben gesagt, äußerst selten der Reinigung, und dieser Umstand allein dürfte wol die Aufmerksamkeit aller wahren Freunde des Fortschritts auf unsere Erfindung lenken.

Die folgenden Figuren geben einige Ansichten von diesen Dampfkesseln.

Erklärung der 14. Figur.

A. Siederohr: die Dimensionen sind veränderlich, auch kann er mit dem Kessel durch mehre Röhren (B) communiciren;
B. Communicationsrohr zwischen A und dem Kessel B;
b. Wasserstandsrohr: das Wasser darf bis auf einige Centimeter Höhe in den Kessel steigen;
C. eigentlicher Kessel, im Innern mit mehren Diaphragmen h;
cc'. Sicherheitsventil;
d. Pfeife;
d'. Alarmpfeife;
e. Speiserohr;
f. Manometerrohr;
g. Dampfrohr;
h. rechteckige Diaphragmen mit aufgebogenem Rand und von Löchern (mit gleichfalls erhöhtem Rande) durchbohrt. Die Zahl der Diaphragmen ist nur durch die Capacität des Kessels beschränkt.

Erklärung der Figuren 15, 16, 17, 18.

(S. Seite 123.)

Fig. 15. — A. Siederohr, mit Wasser gefüllt und auf seiner ganzen Oberfläche vom Feuer umspült;
B. Fünf Kessel mit Diaphragmen, senkrecht auf dem Siederohr A stehend;
I. Wasserstandsrohr, welches seinen Dampf aus möglichst großer Höhe und sein Wasser aus dem Siederohr nimmt;
J. Manometer, welches seinen Dampf aus dem Kasten des Sicherheitsventils nimmt;
M. Gemeinschaftliches Dampfrohr;
O. Gemeinschaftliches Speiserohr;
S. Feuerherd;
T. Feuerzüge, so arrangirt, daß die Flamme und die heißen Gase zuerst

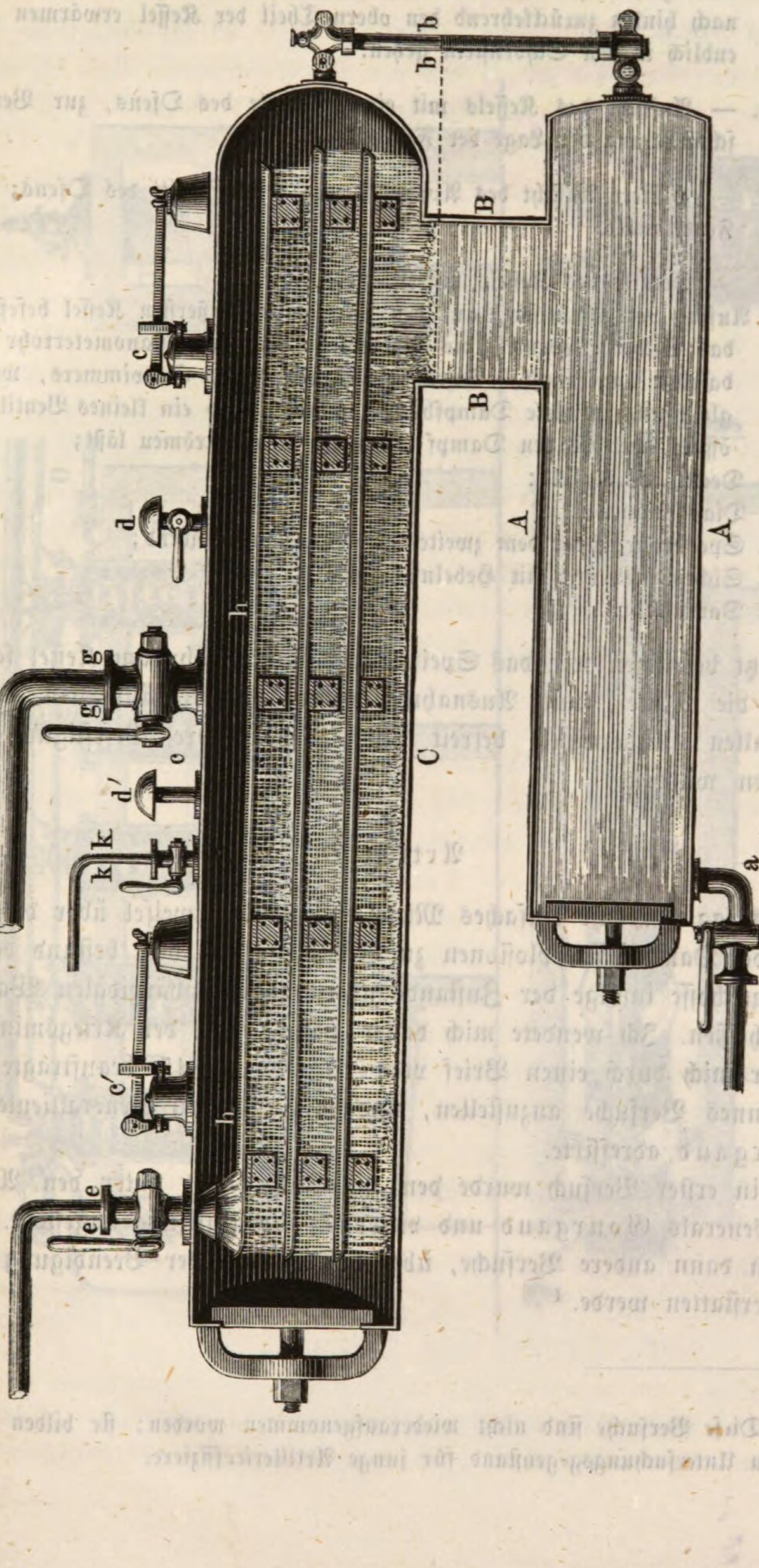


Fig. 14.

das Siederohr bis zu seinem äußersten Ende umspülen, dann nach vorn zurückkehren und den untern Theil der fünf Kessel heizen, darauf nach hinten zurückkehrend den obern Theil der Kessel erwärmen und endlich in den Schornstein gehen.

Fig. 16. — Aufsicht des Kessels mit einem Theile des Ofens, zur Veranschaulichung der Lage der Feuerzüge.

Fig. 17. — Hintere Ansicht des Apparats und Durchschnitt des Ofens; TT Feuerkanäle.

Fig. 18. — Details des Kessels mit Diaphragmen.

F. Aufsatz von Gußeisen, auf den Deckeln der äußersten Kessel befestigt; das Sicherheitsventil, die Alarmpfeife und das Manometerrohr sind daselbst angebracht. Durch die Stange eines Schwimmers, welche gleichfalls in diese Dampfbüchse mündet, wird ein kleines Ventil geöffnet, welches den Dampf durch die Pfeife strömen läßt;

D. Deckel des Kessels;

C. Diaphragmen;

O. Speiserohr, über dem zweiten Diaphragma mündend;

G. Sicherheitsventil mit Hebeln;

L. Dampfrohr.

Jetzt befestigen wir das Speise- und Dampfrohr am Kessel selbst, sodaß die Deckel, mit Ausnahme derjenigen der äußersten Kessel, von allen Hindernissen befreit sind, welche ihre Befestigung erschweren würden.

Artillerie.

Es lag ein sehr einfaches Mittel vor, alle Zweifel über die Ursache der Dampfkesselexplosionen zu beseitigen, und dies bestand darin, Wurfgeschosse infolge der Zustandsänderung des sphäroidalen Wassers abzuschießen. Ich wendete mich daher an Se. Exc. den Kriegsminister, welcher mich durch einen Brief vom 10. Nov. 1845 beauftragte, zu Vincennes Versuche anzustellen, und mich an den Generallieutenant Gourgaud adressirte.

Ein erster Versuch wurde den 30. Juli 1846 unter den Augen des Generals Gourgaud und vieler Artillerieoffiziere angestellt. Es folgten dann andere Versuche, über die ich nach der Beendigung Bericht erstatten werde.[1]

[1] Diese Versuche sind nicht wiederaufgenommen worden; sie bilden einen schönen Untersuchungsgegenstand für junge Artillerieoffiziere.

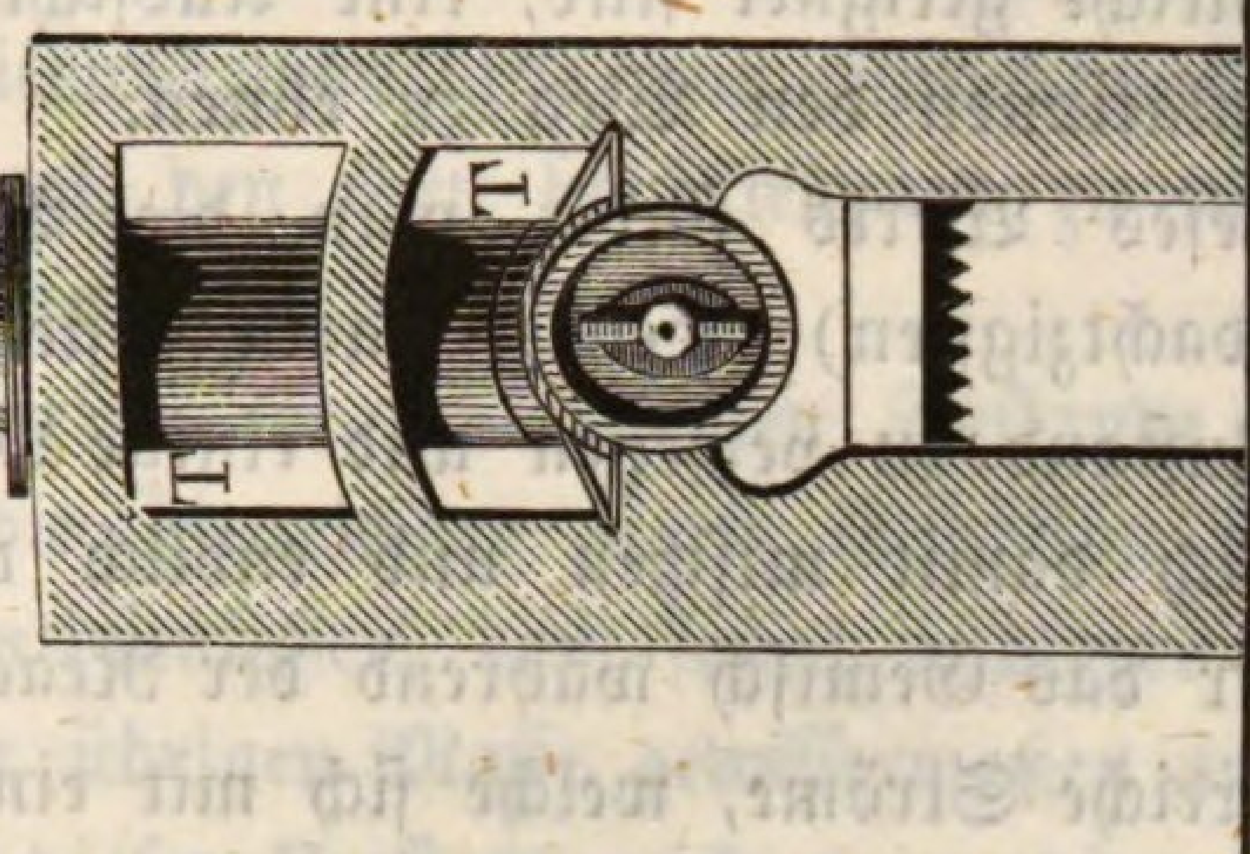


Fig. 17.

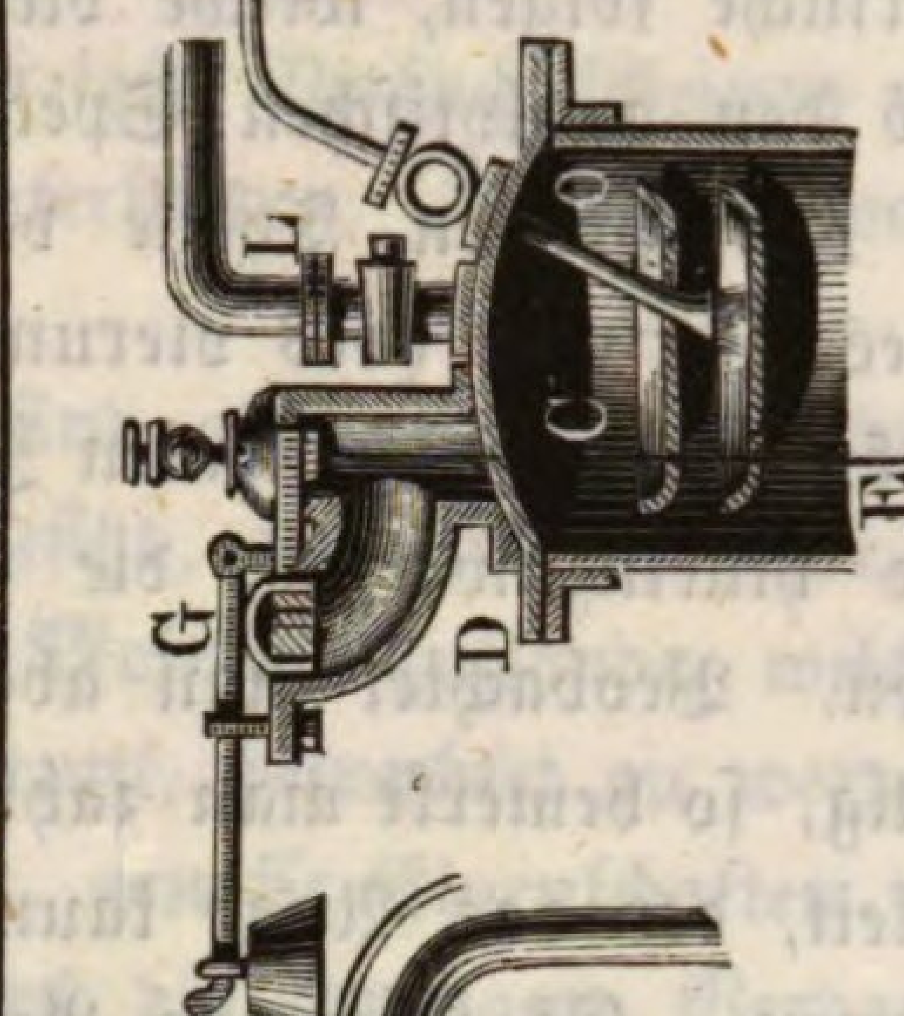


Fig. 18.

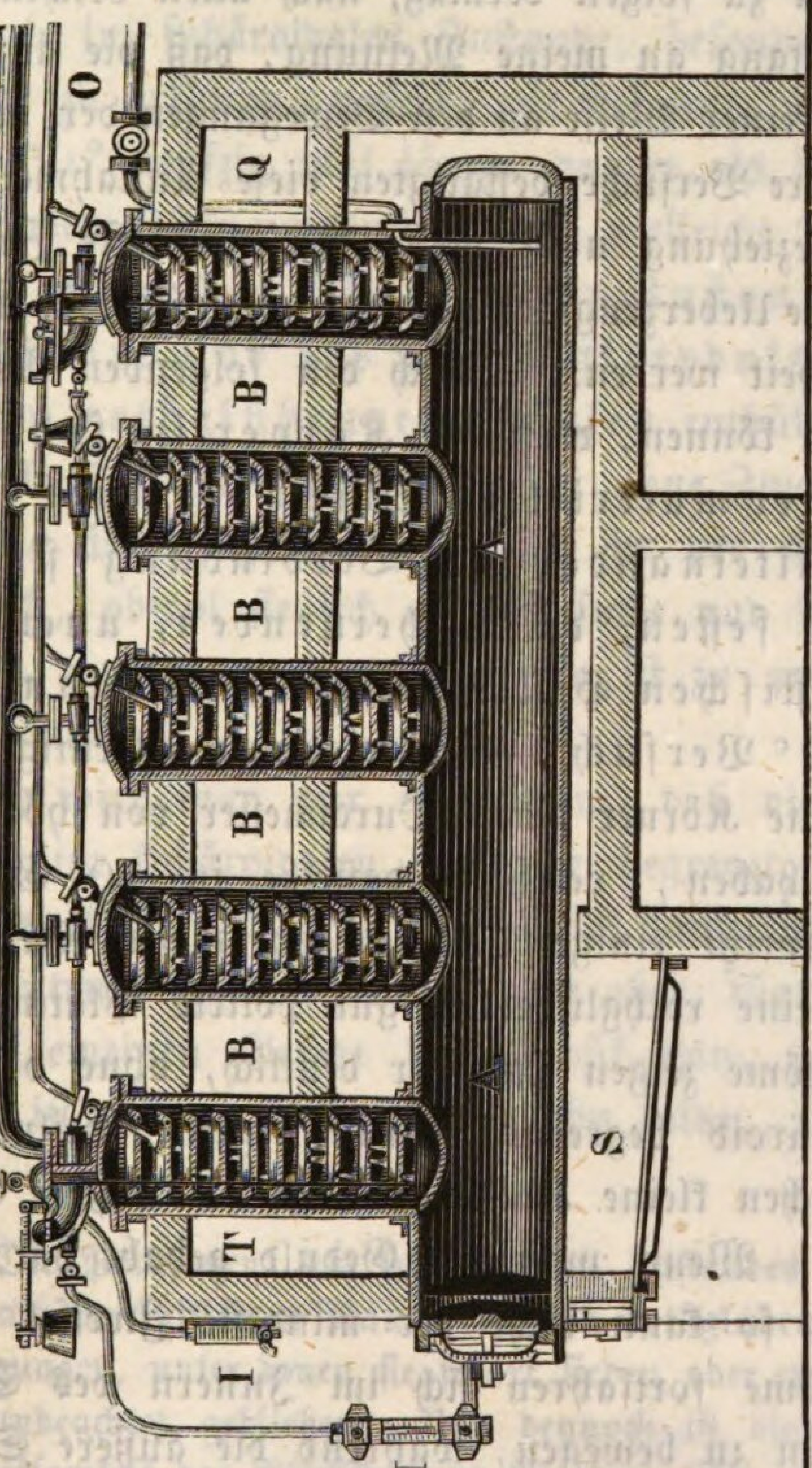


Fig. 15.

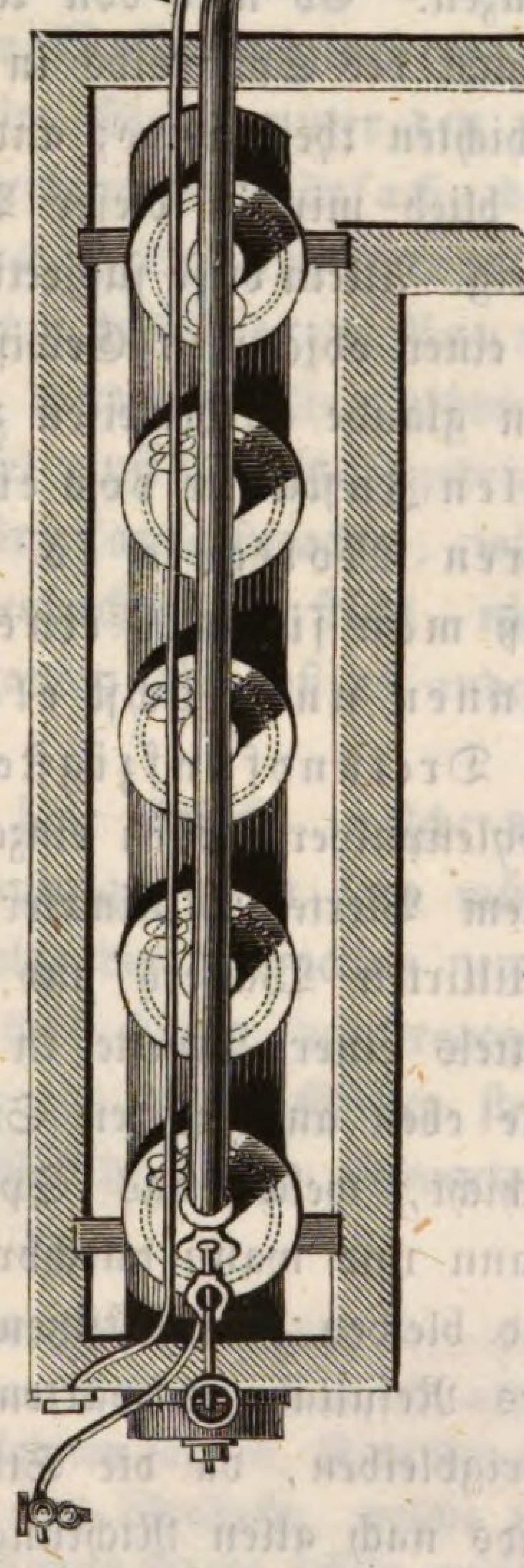


Fig. 16.

§. 8. Welches ist die physische Constitution der Körper im sphäroidalen Zustande.

Die Lösung dieses Problems gehört mehr in das Gebiet der mathematischen Analysis als in das der Physik; trotzdem lasse ich einige Versuche folgen, welche vielleicht geeignet sind, eine Aussicht zu öffnen und den analytischen Speculationen den Weg zu ebnen.

Im zweiten Theile dieses Werks findet man die Beschreibung eines Versuchs (des vierundachtzigsten), welcher darin besteht, Ammoniak in den sphäroidalen Zustand zu versetzen und einige Milligramm Jod hineinzuwerfen, die sich damit mischen und endlich darin auflösen. Beobachtet man aber das Gemisch während der Reaction sorgfältig, so bemerkt man zahlreiche Ströme, welche sich mit einer Schnelligkeit, der das Auge kaum zu folgen vermag, nach allen Richtungen kreuzen. Es war von Anfang an meine Meinung, daß die äußerste Schicht des Sphäroids in keiner Weise an den Bewegungen der innern Schichten theilnähme; andere Versuche bestätigten diese Annahme, und es blieb mir in dieser Beziehung nicht mehr der geringste Zweifel übrig. Allein diese subjective Ueberzeugung genügte noch nicht: sie mußte zu einer objectiven Gewißheit werden. Durch den folgenden Versuch nun glaube ich beweisen zu können, daß die Körper im sphäroidalen Zustande von einer materiellen Schicht begrenzt sind, deren Molecule so miteinander in Verbindung stehen, daß man sie mit einer festen, durchscheinenden, unendlich dünnen und höchst elastischen Hülle vergleichen kann.

Dreiundfunfzigster[c] Versuch. — Man nimmt 5 Centigramm Kohlenpulver, dessen einzelne Körner einen Durchmesser von höchstens einem Viertel Millimeter haben, vertheilt dasselbe in 10 Gramm destillirten Wassers und spritzt einige Tropfen von diesem Gemenge mittels einer Pipette in eine rothglühende, gut polirte Platinschale. Die eben angeführten Ströme zeigen sich sehr deutlich, ohne daß die Schicht, welche das Sphäroid begrenzt, daran irgend theilnimmt. Dann und wann durchbrechen kleine Kohlentheilchen die äußere Hülle und bleiben dort festsitzen. Wenn man die Geduld gehabt hat, auf dies Resultat zu warten, so kann nicht der mindeste Zweifel mehr übrigbleiben, da die Ströme fortfahren sich im Innern des Sphäroids nach allen Richtungen zu bewegen, während die äußere Schicht davon durchaus unberührt bleibt.[1]

---

[1] Man kann den Versuch beliebig lange fortsetzen, wenn man von Zeit zu Zeit einige Tropfen destillirten Wassers zugießt.

Fügt man dem Gemenge aus Kohle und Wasser ein wenig Kalkwasser hinzu, so ist die Erscheinung noch viel deutlicher; aber dann kann man einwenden, daß eine Schicht von kohlensaurem Kalk das Sphäroid begrenze; denn in der That geht aller Kalk auf der Oberfläche des Sphäroids in das Carbonat über.

Der vierundzwanzigste und fünfundzwanzigste Versuch scheinen mir ganz geeignet, den eben beschriebenen zu unterstützen. Der Leser wolle dieselben vergleichen.

Die Körper im sphäroidalen Zustande sind also von einer Schicht begrenzt, die hinreichend starke Cohäsion besitzt, um als fest oder in einem eigenthümlichen, dem festen analogen Molecularzustande, welcher sie von der übrigen Masse gewissermaßen trennt, betrachtet zu werden.

Sollte dieser Umstand nicht dazu dienen, gewisse Eigenschaften der Materie im sphäroidalen Zustande, besonders die langsame Verdampfung, zu erklären, welche, wie bekannt, für Wasser in einer Schale von 200° funfzig mal länger dauert als beim Sieden unter den gewöhnlichen Bedingungen? Sollte vielleicht hierdurch die Ursache der Permanenz des sphäroidalen Zustandes, selbst der schwefligen Säure und des Stickstoffoxydduls im luftleeren Raume und in rothglühenden Schalen enthüllt werden? Die mathematische Analysis wird uns hierüber ohne Zweifel einst Aufschluß geben.[1]

Die Meinung, die ich eben in der Kürze ausgesprochen, wird sicherlich, obwol sie sich auf Versuche und Beobachtungen stützt, nicht sogleich angenommen werden; sie ist zu parador, als daß es anders sein könnte.[2]

So wird man mir einwenden, daß die feste Schicht, welche die Körper im sphäroidalen Zustande begrenzt, weniger dicht sein müsse als der flüssige Theil, da sie sich sonst infolge der Attraction gegen das Centrum begeben würde; dies aber, fügt man hinzu, würde gegen die allgemeinen Gesetze der Physik sein, da ein fester Körper stets dichter ist als der flüssige, der ihn bildet. Hierauf ist zu antworten,

---

[1] Die Permanenz des sphäroidalen Zustandes der zur Flüssigkeit verdichteten Gase im luftleeren Raume und in rothglühenden Gefäßen, das ist unter Bedingungen, unter denen sie sofort sieden oder explodiren müssen, ist in Frankreich unbeachtet geblieben. Und dennoch ist dies eine Thatsache, welche die Aufmerksamkeit der Physiker und Mathematiker in hohem Grade fesseln müßte.

[2] Der Graf von Rumfort hat vor etwa 40 Jahren eine ganz ähnliche Meinung ausgesprochen, ob als Hypothese oder Deduction aus Versuchen ist mir unbekannt geblieben, da mir das Werk, in dem diese Entdeckung verzeichnet ist, nicht zugänglich war.

daß dies Gesetz nicht so allgemein ist als man glaubt. Ich will nur folgende Ausnahmen erwähnen: 1) festes Wasser ist weniger dicht als flüssiges; 2) festes Silber schwimmt auf geschmolzenem (Persoz); 3) das specifische Gewicht des geschmolzenen Bleis ist größer als das des festen u. s. w. u. s. w. (Boutigny aus Evreux).

Wie man sieht, ist dieser Einwurf ohne Bedeutung; wenn es andere gibt, so werde ich sie erwarten, um sie anzunehmen oder zu widerlegen, je nachdem sie mir mehr oder weniger begründet scheinen werden, und dann werden die Zeit und das gelehrte Publicum das Endurtheil fällen.

In Bezug auf die hier kurz angedeutete Hypothese denkt man ganz natürlich an die entsetzliche Rolle, welche der Molecularzustand des Wassers im sphäroidalen Zustande bei der Explosion der Dampfkessel spielen muß, wenn die Kalkablagerungen des Wassers ihre Anziehungskraft auf dasselbe verloren haben, wenn sie von demselben nicht mehr benetzt werden können. Man erinnert sich ohne Zweifel an viele der in diesem Werke beschriebenen Versuche, und ich mache hauptsächlich auf den dreiundvierzigsten aufmerksam.

Unwillkürlich wird man auch an die Hypothese von Poisson denken, nach welcher die Atmosphäre der Erde von einer Luftschicht im flüssigen Zustande begrenzt ist.[1] Wenn die Vernunft zugeben kann, daß eine Gassphäre von einer flüssigen Schicht begrenzt sei, so wird sie auch ebenso leicht zugestehen, daß eine flüssige Sphäre durch eine feste Hülle eingeschlossen werden könne.

Um einzusehen, daß das Letztere wirklich der Fall sein kann, muß man sich daran erinnern, daß feste Körperchen (Glas, Eisenfeile, Sand u. s. w.), deren Dichtigkeit die des Wassers bis um das Siebenfache übertrifft, diese Hülle nicht durchbrechen, sondern im untern Theile des Sphäroids Segmente bilden, welche dasselbe auf allen seinen Bewegungen festhält, ohne den geringsten Theil davon durch seine Hülle hindurchdringen zu lassen (s. §. 4, S. 25).

Anhang.

Ich lasse hier die Beschreibung einiger Versuche folgen, welche zu den früher mitgetheilten in vielfachen Beziehungen stehen, aber die Consequenzen, welche man aus denselben herleiten kann und die ich am Ende aussprechen werde, sind entweder allgemeinerer Natur, oder

[1] Poisson, Théorie mathématique de la chaleur, S. 459 und 460.

beziehen sich auf andere Erscheinungen, als welche ich zu Anfang dieses Werkes mitgetheilt habe.

Vierundfunfzigster Versuch. — Man macht eine flache Silberschale glühend, gießt destillirtes Wasser hinein, um daraus ein sehr abgeplattetes Ellipsoid zu bilden, und verkleinert dann die Flamme der Lampe. Nach einiger Zeit zeigt das Wasser Neigung, in den gewöhnlichen flüssigen Zustand zurückzukehren, und man bemerkt eine große Zahl von Bläschen, welche sich in Berührung mit der Schale bilden. Läßt man jetzt nur 2 Secunden lang Alles in diesem Zustande, so benetzt das Wasser unvermeidlich die Schale und siedet heftig; wenn man aber im Gegentheil die Flamme der Lampe vergrößert, so nimmt die Schale wieder die Eigenschaft an, das Wasser abzustoßen, die Bläschen verschwinden und das Sphäroid nimmt seine ursprüngliche Klarheit wieder an.

Fünfundfunfzigster Versuch. — Man macht die gußeiserne Schale, die zum funfzigsten Versuch gedient hat, glühend und hängt ein Stück Eis von 100 — 150 Gramm derart an einem feinen Eisendrahte auf, daß es sich vom Mittelpunkte der Schale in einer gewissen Entfernung befindet. Ein Thermometer befestigt man so, daß seine Kugel über dem Mittelpunkte der Schale und nur etwa 2 — 3 Millimeter vom Boden entfernt ist. Das Eis schmilzt, geht in den sphäroidalen Zustand über, ohne vorher den flüssigen zu passiren, und das Thermometer zeigt constant eine Temperatur von 96,5°.

Was die Temperatur des Dampfes betrifft, so ist sie stets die mittlere zwischen allen umgebenden, da das Gleichgewicht der Wärme sich stets zwischen dem Dampfe der Körper im sphäroidalen Zustande und dem Gefäße, welches dieselben einschließt, herstellt (s. den neunzehnten, neunundvierzigsten, funfzigsten, einundfunfzigsten, dreiundfunfzigsten fg. Versuch, und den dritten Theil dieses Werkes, §. 3).

Wenn man kein geeignetes Thermometer hat, so läßt sich dieser Versuch auch folgendermaßen anstellen:

Sechsundfunfzigster Versuch. — Man macht eine Silberschale von 5 — 6 Centimeter Durchmesser glühend und wirft ein Stück Eis von 3 — 5 Gramm hinein. Sobald sich ungefähr die Hälfte davon im sphäroidalen Zustande befindet, faßt man die Schale mit der Pincette und schüttet den Inhalt schnell in die Hand oder auf den Rücken derselben. Man wird zuerst ein Gefühl von Wärme, danach von Kälte haben, jenes durch das Wasser im sphäroidalen Zustande, dieses durch das Stück Eis veranlaßt, welches die Temperatur des Wassers schnell auf 0° erniedrigt.

Diese beiden letzten Versuche scheinen mir zu beweisen, daß der Uebergang des Wassers aus dem festen Zustande in den flüssigen andern Gesetzen folgt, als welche für den aus dem flüssigen in den sphäroidalen Zustand gelten. Ich werde hierauf später noch zurückkommen.

Vorläufig sei nur bemerkt, daß das Wasser, welches bei + 96,5° ein absolutes Reflectionsvermögen besitzt, sozusagen auf einmal sämmtliche Wärme absorbirt, die nöthig ist, um die Temperatur von 96,5° anzunehmen, über welche hinaus es sich nicht erhitzt. Der Grund davon ist nicht einzusehen und wird vielleicht immer verborgen bleiben.

Siebenundfunfzigster Versuch. — Man läßt aus einer Höhe von 15 Meter Wassertropfen in eine rothglühende Schale fallen; sie benetzen das Gefäß nicht und gehen ebenso leicht in den sphäroidalen Zustand über, als wenn man sie aus einer Höhe von einigen Centimetern hineingegossen hätte.

Dieses neue und wichtige Resultat erweckte in mir den Wunsch, den Versuch in der Art zu wiederholen, daß ich das Wasser aus einer großen Höhe herabfallen ließ. Herr Destouches, der Architekt des Panthéon, erwies mir auf mein Ansuchen die Gefälligkeit, mir die Klappe öffnen zu lassen, welche man im Gipfel der Kuppel erblickt; und von dieser Höhe ließen wir das Wasser zu unsern Versuchen herabfallen.

Bevor ich diesen übrigens sehr einfachen Versuch beschreibe, sei es mir erlaubt, dem Herrn Destouches für die Bereitwilligkeit, mit der er diese Untersuchungen unterstützte, zu danken. Es macht mir Vergnügen, öffentlich auszusprechen, daß der vorliegende Versuch sein Gelingen hauptsächlich der Geschicklichkeit dieses Herrn verdankt, durch welche die für den Erfolg günstigsten Bedingungen herbeigeführt wurden.

Der Versuch wurde am 28. März ausgeführt. Das Wetter war regnerisch, die Luft von Feuchtigkeit gesättigt. Mein verehrter Freund, Herr Renard, wollte mich begleiten, um mir behülflich zu sein. Der Eine von uns blieb unten und erhitzte mittels einer guten Aeolipyle eine Platinschale von 0,18 Meter Durchmesser; der Andere stieg in die Kuppel hinauf, von wo er destillirtes Wasser in ziemlicher Menge herabfallen ließ. Dasselbe zertheilte sich und kam in mehr oder weniger voluminösen Tropfen unten an; diejenigen, welche in die Schale fielen, gingen darin sofort in den sphäroidalen Zustand über; gerade so, wie man es bisher immer im Verlaufe des Mitgetheilten gesehen.

Die totale Höhe des Panthéon beträgt 79 Meter. Zieht man

für den Theil, welcher die Kuppel überragt, 9 Meter ab, so bleiben 70 Meter, welches sonach die Höhe war, die das Wasser durchfallen mußte.

Mittels der Fallgesetze kann man leicht die Geschwindigkeit berechnen, mit welcher das Wasser in der Platinschale anlangte.

Ich würde heute aus vollem Herzen über alle die Mühe lachen, welche wir uns gegeben haben, um diesen Versuch auszuführen, wenn ich nicht wüßte, daß die einfachsten Ideen sich fast immer zuletzt dem menschlichen Geiste darbieten. Dieser Versuch zum Beispiel läßt sich auf eine andere Weise, an jedem Ort und ohne die mindeste Beschwerde ausführen. Denn macht man eine Platinschale glühend und hält sie, wenn es regnet oder hagelt, zum Fenster oder zur Thür hinaus, so wird man genau dasselbe Resultat erlangen.

Achtundfunfzigster Versuch. — Man treibt 0,5 Gramm Silber auf der Kapelle ab, und wenn die Operation fast beendigt ist und die Regenbogenfarben erscheinen, so beobachtet man genau das Kügelchen, welches gar nicht oder nur in einem Punkte mit der Kapelle in Berührung zu sein scheint. Aber in dem Augenblick, wo das Silber blickt, erstarrt dasselbe und breitet sich infolge der Höhlung der Kapelle halbkugelförmig auf dieser aus.

Neunundfunfzigster Versuch. — Eine der beschriebenen ganz ähnliche Erscheinung findet beim Erstarren des Quecksilbers statt, welches sich mit großer Genauigkeit auf der Oberfläche des Gefäßes abformt, in dem das Gefrieren erfolgt.

Man weiß, daß die Temperatur eines Metalls sich in dem Augenblick erhöht, in dem es aus dem flüssigen Zustande in den festen übergeht. Man sagt, daß in diesem Moment die latente Wärme frei würde und durch das Thermometer angezeigt werden könne.

Ich fürchte, daß dem nicht so sei; indessen will ich meine Meinung über diesen Punkt nur mit allem Vorbehalt für die Zukunft aussprechen.

Hat nicht der Uebergang des Eises in den sphäroidalen Zustand, wie man denselben im fünfundfunfzigsten und sechsundfunfzigsten Versuch beobachtete, die größte Aehnlichkeit mit dem Schmelzen der Metalle? und kann nicht die plötzliche Temperaturerhöhung derselben, sobald sie aus dem flüssigen Zustand in den festen übergehen, dem Umstande zugeschrieben werden, daß sie das Gefäß, in dem sie enthalten sind, benetzen und nun demselben Wärme entziehen, wie man dies für nichtmetallische Körper im sphäroidalen Zustande, und besonders im zwölften Versuche beobachtet hat?

Und wenn meine Vermuthungen über diesen Punkt begründet sind, sollte man nicht berechtigt sein zu sagen, daß die Siedetemperatur der Metalle unbekannt ist, und daß diese bisjetzt nur im festen, sphäroidalen und gasförmigen Zustande untersucht sind?

Hiernach würden die Metalle, wenn sie aus dem sphäroidalen Zustande (dem flüssigen der Physiker) in den festen übergehen, vorher den gewöhnlichen flüssigen, den benetzenden flüssigen, passiren, und dieser Uebergang würde beim Silber und Quecksilber durch die Ausplattung der Sphäroide und die Erhöhung ihrer Temperatur charakterisirt sein; aber bisjetzt unbekannte Ursachen lassen sie fast augenblicklich den festen Aggregatzustand annehmen.

Könnte die Erscheinung, welche das Silber beim Spratzen zeigt, nicht von einem Sieden des Metalls herrühren, welches alsbald durch die Erstarrung unterbrochen wird?

Die Schwierigkeiten, welche die Lösung dieser verschiedenen Probleme darbietet, sind übrigens nicht derart, daß man vor ihnen zurückschrecken sollte, und ich hoffe, daß ich mit der Zeit dahin gelangen werde, sie zu überwinden. Zwei Punkte dieser Frage sind es hauptsächlich, welche meine Aufmerksamkeit fesseln, nämlich 1) ob das Gefäß in dem Augenblick erkaltet, in welchem die Temperatur des darin enthaltenen Metalls sich erhöht, und ob die Abkühlung proportional der Erhitzung des Metalls ist; und 2) ob die geschmolzenen Metalle ein Temperaturmaximum besitzen, welches sie nicht überschreiten, wie groß auch die Intensität der Hitze, der sie ausgesetzt sind, sein möge.

Sechzigster Versuch. — Man macht eine Schale von Platin oder Porzellan glühend und gießt soviel Quecksilber hinein, daß sich ein abgeplattetes Ellipsoid bildet. Fast augenblicklich beginnt in der Masse eine stürmische Bewegung, welche dem Sieden ähnelt, und welche, wie man früher (s. den zwölften, vierzigsten und funfzigsten Versuch) gesehen hat, immer stattfindet, wenn die Substanz, mit der man experimentirt, in größerer Menge vorhanden ist, als die Bildung einer Kugel erfodert. Sobald aber die Menge des Quecksilbers bis auf diesen Punkt reducirt ist und dasselbe eine Kugel bildet, erfolgt die Verdampfung von seiner Oberfläche ohne irgendein Zeichen des Siedens, und mit einer solchen Regelmäßigkeit, daß sie dem Auge unbemerkbar ist.

Einundsechzigster Versuch. — Man läßt 1 Gramm Aether in einer fast flachen silbernen Schale in den sphäroidalen Zustand übergehen und fügt einige Gramm Gayacpulver hinzu. Der Aether verflüchtigt sich und läßt das Pulver in dem untersten Theile der

Schale zurück, wo dasselbe verkohlt und sich festsetzt. Nun gießt man etwa 1 Gramm destillirten Wassers hinein und ertheilt demselben eine Bewegung um den erzeugten Rückstand; dann überläßt man es sich selbst. Die Bewegung dauert fort, anfangs langsam, dann mit immer gesteigerter Geschwindigkeit und zuletzt so schnell, daß das Auge nicht zu folgen vermag. Dann und wann wird das Wasser durch die Centrifugalkraft gegen den Rand der Schale geschleudert, aber die Schwere führt es sofort zur Mitte zurück und die Rotation beginnt von neuem.

Diese beschleunigte Bewegung der Wassermasse läßt sich, wie ich glaube, sehr leicht erklären. Sie ist einestheils eine Folge der Dampfbildung des Sphäroids, anderntheils der Umdrehung der Erde (?). Nun aber verdampft das Sphäroid nur an der Oberfläche, und diese vermindert sich nicht in demselben Verhältniß als die Masse, da diese den Kuben, jene nur den Quadraten der Durchmesser proportional ist. Es folgt daraus, daß der Widerstand sich schneller vermindert als die treibende Kraft, und daher die Beschleunigung der Bewegung.

Dieser Versuch gelingt schwer; wenn er daher misglückt, so lasse man sich nicht abhalten ihn zu wiederholen. Uebrigens ist er von einer weitern Bedeutung. Denn oft setzt sich das Sphäroid freiwillig in Bewegung; wenn nun diese immer in demselben Sinne und von Osten nach Westen stattfindet (und dies ist am häufigsten der Fall), so würde sie zu der der Erde in Beziehung stehen und einen Beweis mehr für die Rotation unsers Planeten abgeben.

Im Anfange des Versuchs, das heißt solange das Sphäroid voluminös ist, ist die Bewegung nicht gleichmäßig, sie geht bald nach rechts, bald nach links und im Sinne der Umdrehung der Erde; wenn aber der Tropfen nur noch die Größe einer kleinen Erbse hat, steht er still und beginnt dann fast immer von Osten nach Westen sich zu drehen.[1]

Wenn man — in der Phantasie — diesen Versuch unter dem Polarkreise wiederholt, so wird man sehen, daß sich das Sphäroid um den Mittelpunkt und von Osten nach Westen drehen muß, indem es dabei infolge der allmäligen Verkleinerung des Sphäroids eine sehr complicirte Curve beschreibt.

Man könnte noch sagen, daß das Sphäroid, indem es von der

---

[1] Dieser Versuch ist nicht neu; er ist in der zweiten Auflage dieses Werkes, das im Jahre 1846 gedruckt und 1847 erschienen ist, beschrieben. Er ist folglich älter als die Versuche mit dem Pendel.

Erde isolirt und der Einwirkung der Schwerkraft entzogen ist, feststehen bleibt, während sich die Erde von Westen nach Osten dreht, und daß dann die Einwirkung des Dampfes das Uebrige thut.

Wenn meine Ansichten über diesen Versuch richtig sind, so muß derselbe in den höhern Breiten sehr interessante und bemerkenswerthe Resultate geben. Es ist daher zu wünschen, daß er im Norden von Europa wiederholt werde.

Ich nehme mir die Freiheit, ihn den Gelehrten, die in jenen Gegenden wohnen, und besonders den Herren Professoren Palmstedt und C. W. Eneberg in Stockholm, zu empfehlen.

Am Pol, in der Verlängerung der Erdachse, würde die Bewegung gleich Null sein, und der Punkt in der Mitte der Schale würde in die Achse des Sphäroids fallen. Am Aequator wäre die Bewegung ebenfalls gleich Null, aber die Achse des Sphäroids wäre ein Halbmesser der Erde und ginge gleichfalls durch den bezeichneten Punkt.

Vielleicht würde das Sphäroid ein wenig nach Westen abweichen.

Auf der südlichen Halbkugel in gleicher Breite mit Paris müßte die Bewegung des Sphäroids von der Rechten zur Linken erfolgen, wenn die Drehung der Erde die erste Ursache dieser Erscheinung ist.

Der Versuch sollte daher in gleicher Weise auf der südlichen Halbkugel angestellt werden, und ich empfehle ihn den Gelehrten, die dort wohnen. Wenn unter dem Aequator die Bewegung nicht eintritt und das Sphäroid sich mehr westlich als östlich von dem festen Punkte hält, so ist die Folgerung, die ich gezogen habe, richtig, und es wird bewiesen sein, daß die Drehung der Erde die erste Ursache der Bewegung ist. Wenn aber eine Bewegung eintritt, so beweist dies, daß wir über den Grund dieser Erscheinung völlig im Unklaren sind.

Ich übergebe diesen Versuch dem Nachdenken der Mathematiker, er wird sie, wie ich glaube, seiner Natur nach interessiren.

Diese drehende Bewegung von Osten nach Westen ist allgemeiner als man glaubt. Aus den Beobachtungen der Herren Redfield, Reid, Piddington und A. Poey geht hervor, daß die Orkane der Antillen, unabhängig von ihrer fortschreitenden Bewegung, eine Drehung von Osten nach Westen haben, während die der Erde von Westen nach Osten stattfindet. (Auszug aus einem Briefe des Herrn A. Poey vom 15. Sept. 1856.)

Werfen wir jetzt einen Blick auf diesen Versuch in Bezug auf die Möglichkeit seiner Anwendung.

Wenn eine beständige Bewegung auf Erden irgend denkbar ist, liegt die Möglichkeit derselben wahrscheinlich in diesem bemerkenswerthen

Versuche. Wenn man die langsame Verdampfung der Körper im sphäroidalen Zustande, die geringe specifische Wärme der Metalle, ihre Repulsionskraft im erhitzten Zustande (eine Kraft, welche die Schwere aufhebt) und die Centrifugalkraft in Erwägung zieht, so wird man ohne Mühe erkennen, daß diese Bewegung des Wassers von Osten nach Westen in einer gegebenen Zeit mehr bewegende Kraft erzeugen könnte, als man davon in derselben Zeit aufwendete, um sie zu erlangen.[1]

Doch ich rathe allen Denjenigen, welche es versuchen sollten, nach dieser Richtung hin Forschungen anzustellen, dies nur auf Grund der Mathematik zu thun, da man nur an der Hand dieser Wissenschaft über eine solche Thatsache ein richtiges Urtheil fällen kann.

Andererseits aber sei es mir nach einer solchen Erklärung erlaubt, die Mathematiker zu bitten, sich nicht eher über diese Erscheinung auszusprechen, bevor sie den Versuch nicht selbst wiederholt haben.

Uebrigens sind zu dem Experimente wenigstens für den Anfang nur sehr kleine Apparate nöthig.

Indessen kann man aus diesem Versuch sofort ein praktisches Resultat von einiger Bedeutung ziehen: es wird nämlich stets vorzuziehen sein, Mühlsteine, horizontale Wasserräder, Turbinen u. s. w. sich von Osten nach Westen drehen zu lassen, indem man dadurch eine gewisse Menge Kraft ersparen müßte.

Zweiundsechzigster Versuch. — Man macht eine sehr dicht und fein durchlöcherte Schale glühend und gießt destillirtes Wasser hinein, welches ebenso leicht in den sphäroidalen Zustand übergeht, als wenn die Schale nicht durchbohrt wäre; sobald man diese jedoch der Einwirkung des Feuers entzieht, ändert das Wasser ganz ebenso seinen Zustand, wie man bisher immer gesehen: es benetzt die Schale und fließt durch die Löcher.

Beobachtet man den Boden der Schale während der Abkühlung und bevor sie benetzt wird, so sieht man kleine Dampfstrahlen aus den Löchern strömen, welche von dem Ellipsoid bedeckt werden.

Der Versuch wird klarer und entscheidender, wenn man ihn statt mit der durchlöcherten Schale mit einem Metallnetze anstellt. Die kleine Menge Dampf, welche das Sphäroid gibt, entweicht ungehindert

---

[1] Wenn wir auch bezüglich der auf den letzten Seiten angestellten Betrachtungen sowie überhaupt in manchen andern Punkten mit dem Verfasser nicht einerlei Meinung sein können, so halten wir uns doch nicht für berechtigt, dem Leser derartige Dinge vorzuenthalten oder unser subjectives Urtheil in irgendeiner Weise miteinfließen zu lassen. (Anm. des Uebers.)

durch die Maschen des Netzes und kann nicht zur Suspension des Tropfens beitragen. Sobald das Netz nicht mehr hinreichend warm ist, um das Sphäroid in einer gewissen Entfernung zu erhalten, verschwindet dieses plötzlich, indem es durch die Oeffnungen fließt.

Noch entscheidender wird der Versuch mit Alkohol oder Aether. Denn der Dampf dieser Körper entzündet sich sofort und brennt oberhalb und unterhalb des Drahtnetzes; sobald dies alsdann so weit abgekühlt ist, um benetzt zu werden, fließt die entzündete Flüssigkeit schnell durch die Oeffnungen. Nimmt man statt des Alkohols oder Aethers Jod, so fällt der Versuch nicht minder entscheidend aus. Man sieht die Joddämpfe durch das Drahtnetz strömen und einen Dampffall (cascade de vapeur) von sehr schönem Effect hervorbringen.

Seit kurzem habe ich statt des Drahtnetzes einen spiralförmig aufgewundenen Platindraht von 1 Millimeter Dicke angewendet, wodurch fast kreisförmige Metallringe und Zwischenräume entstehen.[1]

Alle diese Versuche sind mit Interesse in der gelehrten Welt aufgenommen worden; und Herr Babinet nimmt in einem Bericht an die Akademie im Namen einer Commission, deren Berichterstatter er war[2], ohne Rückhalt die Existenz einer Repulsionskraft oder einer Repulsion auf bemerkbare Distanz an. Der Bericht lautet folgendermaßen:

Bericht des Herrn Babinet über eine Notiz unter dem Titel: „Ueber die Kraft, welche die Körper im sphäroidalen Zustande außerhalb ihrer physikalischen und chemischen Wirkungssphäre erhält."

„Die Akademie hat oft Gelegenheit gehabt, sich mit den zahlreichen und wichtigen, von Herrn Boutigny entdeckten oder studirten Thatsachen zu beschäftigen, die zu gewissen Erscheinungen in Beziehung stehen, welche durch die Einwirkung erhitzter Körper auf Flüssigkeiten eintreten. Infolge dieser Einwirkung sind oder scheinen diese Flüssigkeiten in einem eigenthümlichen Molecularzustande zu sein, welchen Herr Boutigny mit dem Namen des sphäroidalen Zustandes bezeichnet. Nach der Constatirung bekannter und der Entdeckung neuer Thatsachen geht Herr Boutigny zum Studium der Gesetze über, welchen die Körper im sphäroidalen Zustande unter-

[1] S. das Mémoire, welches ich in der Akademie am 26. Aug. 1850 gelesen habe.

[2] Die Herren Becquerel, Despretz und Babinet, Berichterstatter.

worfen sind, und gelangt in Beziehung auf die Natur der Kraft, welche die sphäroidalisirten Flüssigkeiten von den erhitzten als Unterlage dienenden Flächen in gewisser Entfernung erhält, zur Annahme der Existenz einer wirklichen Repulsion auf merkbare Entfernung; zugleich bekämpft er durch entscheidende Versuche die Meinung Derer, welche versuchen, die Suspension der Flüssigkeiten im sphäroidalen Zustande aus dem Vorhandensein einer von der Flüssigkeit ausgehenden Dampfschicht zwischen dieser und dem erhitzten Gefäße zu erklären.

„Um jede statische oder dynamische Einwirkung des Dampfes zu vermeiden, hat Herr Boutigny ein Gefäß construirt, in welchem der Dampf auf keine Weise zusammengedrückt werden kann. Dies besteht aus einem einfachen spiralförmig gewundenen Platindraht, dessen einzelne Windungen einander nicht berühren und jeder im kalten Zustande daraufgegossenen Flüssigkeit, wie auch den Dämpfen den Durchgang gestatten. Erhitzt man diese Kapsel, oder besser gesagt diese neue Art von Sieb, so bleiben Alkohol, Aether, Jod im sphäroidalen Zustande darauf liegen, während ihre Dämpfe nach unten hindurchströmen; dies macht sich bei Alkohol und Aether leicht durch die Entzündung ihrer Dämpfe unterhalb der Spirale, beim Jod durch den Anblick des Dampfes selbst bemerkbar, welcher unter den Windungen des Drahtes eine dicke Schicht bildet.

„Auf diese Weise wird vermöge des ungehinderten Durchganges des Dampfes durch die Zwischenräume dieses Siebes, in dem Herr Boutigny die Flüssigkeiten sphäroidalisirt, jede Idee von einer zwischen Metall und Flüssigkeiten thätigen Einwirkung des Dampfes beseitigt, und die Annahme, als erhielte letzterer entweder durch seine elastische Kraft im Gleichgewichtszustande oder durch einen aufsteigenden dynamisch wirkenden Strom das Sphäroid schwebend, fällt weg.

„Nachdem Herr Boutigny eine Abstoßung auf merkbare Entfernung angenommen, ist es einleuchtend, daß dieser geistreiche und thätige Physiker unmittelbar darauf geführt werden mußte, das Gesetz der Abstoßung experimentell zu studiren. Es ist für jetzt die beste Empfehlung, welche die Commission Herrn Boutigny zu ertheilen schuldig zu sein glaubt, daß sie die Akademie auffodert, den Versuchen, welche die vorliegende Notiz enthält, ihre Anerkennung zu geben. Hier, wie in jedem andern Zweige der beobachtenden Wissenschaften, müssen Thatsachen auf numerisch auszusprechende Erfahrungssätze führen, und diese wiederum den Theorien als Basis dienen, welche Thatsachen und Gesetze umfassen.

„Die Schlüsse dieses Berichts sind angenommen worden."

Der Bericht ist in Nr. 15 (7. Oct. 1850) der „Comptes rendus de l'Académie" veröffentlicht. Einen Monat später, am 11. Nov. (Nr. 20 der „Compt. rend."), richtete Herr Prof. Zantedeschi einen Brief an die Akademie, in welchem er mittheilt, daß er dieselben Versuche wie ich gemacht und daraus dieselben Folgerungen gezogen habe.[1]

Ich erwiderte auf die Reclamation dieses Gelehrten[2], daß mir seine Untersuchungen über den vorliegenden Gegenstand durchaus unbekannt gewesen wären, und daß meine letzten Versuche von einem sehr alten Experimente herrührten, welches darin bestände, irgendeinen Körper in einer fein durchlöcherten Schale in den sphäroidalen Zustand zu versetzen. Uebrigens wünschte ich mir Glück, über einen so schwierigen Untersuchungsgegenstand mit einem Manne von dem Verdienste des Herrn Zantedeschi gleicher Ansicht zu sein.

In der That, wenn zwei Beobachter, die voneinander getrennt, ohne sich zu kennen und ohne ihre Meinungen ausgetauscht zu haben, dieselben Versuche anstellen und daraus dieselben Consequenzen ziehen, so kann, so muß man glauben, daß sie die Wahrheit gefunden haben. Ich wiederhole daher das Wort des berühmten Physikers: „daß die Natur unsere Arbeiten belohnt habe, indem sie uns dieselben Resultate finden ließ."

Herr Person hat gleichfalls theil an dieser Debatte genommen, jedoch um zu behaupten, daß die Ursache der Suspension der Körper im sphäroidalen Zustande nur in dem von ihnen gebildeten Dampfe gesucht werden dürfe. Diese Ansicht ist der unsern durchaus entgegengesetzt; sie wurde von uns Beiden bekämpft, und mit großem Erfolg von Zantedeschi, sodaß mir jetzt kein Schatten irgendeines Zweifels an der Existenz einer Repulsivkraft, welche die Wärme erregt, mehr übrigbleibt.

Die folgenden Versuche sind neu. Ich kenne keine, die geeigneter wären nachzuweisen, daß die Körper im sphäroidalen Zustande nicht durch eine Unterlage ihres Dampfes außerhalb ihrer physikalisch-chemischen Wirkungssphäre erhalten werden; und keine andern vermögen so wie diese die Existenz einer Repulsivkraft nachzuweisen, welche die Wärme in dem sphäroidalisirenden Körper erzeugt.

Dreiundsechzigster Versuch. — Man gießt einige Gramm klaren Kalkwassers in eine rothglühende Schale. Dies Wasser verliert

---

[1] Trattato del calorico dell' abbate Francesco Zantedeschi, S. 299 und 300.

[2] S. Nr. 22 der „Comptes rendus" (25. Nov. 1850).

sofort seine Durchsichtigkeit und bedeckt sich mit einer Haut, deren Dicke beständig zunimmt; dann bilden sich auf derselben Erhabenheiten, Vertiefungen, Sprünge u. s. w., welche ihr ein eigenthümliches Ansehen geben. Wenn das Wasser auf etwa zwei Fünftheile vermindert ist, detonirt es zuweilen und verschwindet, ohne eine Spur auf der Schale zu hinterlassen; in andern Fällen geht die Verdampfung fort, und in der Schale bleibt eine kleine Menge von Kalk und kohlensaurem Kalk zurück.

Einige male habe ich im Zenith des Sphäroids einen kleinen leeren Raum sich bilden sehen. Dieser Raum, welcher von der Hülle des Sphäroids und einer im entgegengesetzten Sinne gekrümmten Fläche in der Flüssigkeit eingeschlossen wurde, hatte stets die Form einer convexen Linse. Die Ursache dieser Erscheinung ist mir unbekannt.

Barytwasser verhält sich genau wie Kalkwasser.

In andern Fällen endlich bedeckte sich die Oberfläche des Sphäroids aus Baryt- oder Kalkwasser mit zahllosen Facetten und vibrirte regelmäßig. Auch bei den andern Sphäroiden beobachtet man, wenn auch seltener, diese Erscheinung.

Fast immer gehen derselben langsamere Vibrationen voraus, infolge deren das Sphäroid eigenthümliche Formen annimmt, welche sich im Allgemeinen auf einander rechtwinkelig kreuzende Ellipsoide reduciren. Alle diese Formen sind von Klaproth, Peltier und Laurent mit großer Genauigkeit beschrieben, weshalb ich hier nicht weiter darauf eingehen will.

Bringt man diesen Versuch zu der Thatsache in Beziehung, daß das Innere unsers Planeten aus einer geschmolzenen Masse besteht, so hat man den Schlüssel zu vielen geologischen Problemen, zur vulkanischen Eruption, zu den Erderschütterungen, zur Erhebung von Gebirgen u. s. w. Könnte nicht auch das Rollen des Donners gleichfalls die Folge einer vibrirenden Bewegung des Wassers der Wolken sein, die dann der umgebenden Luft mitgetheilt und bis zu uns fortgepflanzt würde?

Vierundsechzigster Versuch. — Man macht eine Schale glühend, läßt darin einige Gramm Wasser in den sphäroidalen Zustand übergehen, und zeichnet dann mit einem spitzig zugeschnittenen Holzstäbchen, welches man in das Ellipsoid taucht, auf dem Boden der Schale Linien, welche infolge der Verkohlung des Holzes schwarz erscheinen. Während des ganzen Versuchs sieht man die durch die Zersetzung des Holzes sich bildenden Gase durch das Ellipsoid und nicht (wie den Dampf) unter demselben emporsteigen, was, bei-

läufig gesagt, zu beweisen scheint, daß die Sphäroide nicht durch ihren Dampf getragen werden.

Fünfundsechzigster Versuch. — Ein eiserner Topf, zu drei Viertheilen mit Wasser gefüllt, wird mittels eines Hakens über einem Feuer aufgehängt. Sobald das Wasser im vollen Sieden ist, zieht man das Gefäß vom Feuer und hält unmittelbar darauf die Hand darunter. Man bemerkt mit Erstaunen, daß der Boden kalt oder fast kalt ist; eine halbe Minute später zeigt er die Temperatur des Wassers, und bringt man jetzt die Hand wieder an denselben Ort, so wird man sie nicht ohne Unbequemlichkeit dort lassen können.

Diese allbekannte Thatsache wurde zuerst durch Homburg [1] mitgetheilt. Sie bildet eine neue Ausnahme zu dem Gesetze des Wärmegleichgewichts. Dennoch steht sie auf eine eigenthümliche Weise mit den von mir mitgetheilten Erscheinungen im Widerspruch; denn hier ist der Inhalt des Gefäßes warm und dieses selbst kalt, während bei den Körpern im sphäroidalen Zustande das Gegentheil stattfindet.

Herr Jacquemyns ist auch der Ansicht, daß der Boden des Kessels kalt ist; aber Herr Cauchy, beauftragt, über die Schrift des Herrn Jacquemyns zu berichten, ist entgegengesetzter Meinung. Derselbe behauptet, daß dieser Versuch schlecht gedeutet, und daß die Differenz der Resultate einer kürzern oder längern Berührung der Hand mit der Wärmequelle zuzuschreiben sei.[2] Dies ist ein Gegenstand, welcher von neuem sorgfältig studirt werden muß; bis dahin glaube ich, daß Herr Jacquemyns gut beobachtet hat und seine Ansicht die richtige ist. (S. §. 5 des dritten Theils.)

Sechsundsechzigster Versuch. — Auf den Teller einer Luftpumpe stellt man ein Gefäß mit Schwefelsäure, und auf diese eine fast ebene Silberschale, welche ungefähr 10 Centigramm destillirten Wassers enthält. Nachdem man den Recipienten darüber gesetzt, pumpt man die Luft möglichst schnell aus. Sobald das Quecksilber in der Barometerprobe zu sinken beginnt, machen sich Zeichen des Siedens bemerkbar, es bilden sich Wasserbläschen in Berührung mit der Schale, werden größer, steigen empor und bald ist das ganze Wasser verschwunden.

Die Zeit der Verdampfung seit dem ersten Kolbenstoße war 7 Minuten 15 Secunden.

Siebenundsechzigster Versuch. — Man wiederholt den vorher-

[1] Histoire de l'Académie royale des sciences, 1703, S. 24.
[2] Bulletins de l'Académie royale de Bruxelles, 1835, S. 113 und 300.

gehenden Versuch mit der Abänderung, daß man die Schale über einer Kerzenflamme mit Ruß schwärzt und dann dieselbe Quantität Wasser hineingießt, welche, wie Rumfort beobachtet hat, in den sphäroidalen Zustand übergeht. Uebrigens verfährt man wie beim vorigen Versuch. Diesmal kommt die Flüssigkeit nicht zum Sieden und die Verdampfung dauert 1 Stunde 3 Minuten 10 Secunden.

Dieser Beschreibung muß ich noch hinzufügen, daß ich die Ausführung beider Versuche einestheils Herrn Bussy, der mir eine gute Luftpumpe zur Verfügung stellte, anderntheils der Hülfe des Herrn Laroque, Präparateur an der École de pharmacie, verdanke.

Achtundsechzigster Versuch. — Man bereitet die Silberschale wie zum vorigen Versuch vor, läßt dieselbe Menge Wasser hineinfallen und erhitzt sie über einer Spirituslampe mit doppeltem Luftzuge. Man bemerkt Folgendes: Das Sphäroid geräth durch kleine concentrische Wellen in Bewegung, deren Ebene senkrecht auf dem Halbmesser der Erde steht; es rollt in der Schale umher; in seinem Innern kreuzen sich Ströme nach allen Richtungen, der Ruß verbrennt, die Schale nimmt wieder ihren Metallglanz an und das Wasser verschwindet gänzlich. Alles Dies erfolgt in 2 Minuten und 34 Secunden.

Neunundsechzigster Versuch. — Man macht den ausgehöhlten eisernen Cylinder, der zum elften Versuch gedient hat und im zehnten beschrieben worden ist, glühend, zieht ihn vom Feuer und reinigt ihn sorgfältig, darauf gießt man destillirtes Wasser hinein, welches in den sphäroidalen Zustand übergeht; dasselbe geräth in die tumultuarische Bewegung, auf welche der Leser schon oben aufmerksam gemacht wurde (Versuche zwölf, vierzig, funfzig). Man gießt solange Wasser hinzu, bis die Schale benetzt wird und ein deutlich Sieden stattfindet; fährt man dann noch ferner mit dem Wasserzusatz fort, so kommt ein Augenblick, wo jedes Zeichen des Siedens verschwindet: die Temperatur des Wassers kann jetzt bedeutend unterhalb 100° sein. Aber diese Ruhe dauert nur einen Augenblick, das Wasser kocht von neuem sehr stark und verschwindet schnell. Gießt man eine Minute später einige Tropfen Wasser in das Gefäß, so gehen diese in den sphäroidalen Zustand über.

Es liegt in diesem Versuche, wie auch in einigen andern (dem vierundzwanzigsten, fünfundzwanzigsten und dreiundsechzigsten), ein neues Element für die Geologie. Wir werden im dritten Theile des vorliegenden Werkes dieses Element eine wichtige Rolle bei der Oberflächengestaltung unserer Erde spielen sehen.

Es geht aus diesem Versuche, welcher zum ersten mal im Jahre

1807 veröffentlicht worden ist, hervor, daß der Tiegel zu Anfang heiß genug ist, um das Wasser in den sphäroidalen Zustand überzuführen, dann soweit abgekühlt wird, daß er das Wasser nicht mehr im Sieden erhalten kann, und sich endlich wieder stark genug erhitzt, um dasselbe völlig zu verdampfen und eine neue Quantität in den sphäroidalen Zustand überzuführen.

Eine ähnliche Erscheinung ist vor kurzem (1855) durch Herrn Gaudry an der Lava des Vesuv beobachtet worden, „über welche man während der Nacht gegangen war, und die bis zu ihren äußersten Theilen erkaltet schien und dennoch an ihrer Oberfläche von neuem glühend wurde“.

Unser Versuch und das von Gaudry beobachtete Phänomen scheinen die Annahme von Wärmewellen zu unterstützen.

Siebzigster Versuch. — Man nimmt zwei Silberschalen von demselben Durchmesser (0,095 Meter), beide leicht und in gleicher Weise getrieben, die eine jedoch 25 Gramm, die andere 200 Gramm schwer.

Man erhitzt über einer guten Aeolipyle diejenige, welche die geringere Masse hat, und gießt destillirtes Wasser mit großer Vorsicht hinein. Anfangs geht dieses in den sphäroidalen Zustand über, bald jedoch benetzt es die Schale, siedet und verdampft schnell.

Letzteres findet gewöhnlich statt, sobald man 25 oder 30 Gramm Wasser hineingegossen hat.

Man stellt hierauf den Versuch mit der schwerern Schale an und wird finden, daß es unmöglich ist, sie zu benetzen. Man kann ohne besondere Vorsicht soviel Wasser hineingießen, daß dieses an allen Punkten über den Rand der Schale hinausgeschleudert wird, ohne daß eine Benetzung stattfände. Hieraus folgt, daß die Masse oder die Summe der materiellen Punkte einen großen Einfluß auf den sphäroidalen Zustand ausübt.

Dieser Versuch fällt noch entscheidender aus, wenn man ihn mit drei halbkugelförmigen Schalen von derselben Capacität, aber verschiedener Dicke, wiederholt. In einer sehr dünnen Schale ist es fast unmöglich, mehr als 8 — 10 Gramm Wasser in den sphäroidalen Zustand überzuführen; eine Schale von 2 Millimeter Stärke kann mit einiger Vorsicht ganz mit sphäroidalem Wasser angefüllt werden, und eine solche von 4 Millimeter Dicke läßt sich auf einmal füllen, ohne benetzt zu werden. Jede dieser Schalen faßte 20 Kubikcentimeter Wasser.

Einundsiebzigster Versuch. — Man braucht dazu eine Spi-

rituslampe mit doppeltem Luftzuge und drei Silberschalen A, B, C. Diese sind halbkugelförmig, haben dieselbe Capacität (20 Kubikcentimeter) und wiegen

A . . . . 9 Gramm
B . . . . 44 "
C . . . . 85 "

Man gießt in jede dieser Schalen 10 Gramm destillirtes Wasser, stellt sie über die Lampe, deren Flamme während der Dauer des Versuchs weder stärker noch schwächer werden kann, und notirt die Zeit, welche von dem Augenblick der Aufstellung bis zur völligen Verdampfung des Wassers vergeht.

Der Versuch dauerte im Mittel aus drei Beobachtungen

bei der Schale A . . . 4 Minuten 18 Secunden
" " " B . . . 4 " 15 "
" " " C . . . 4 " 15 "

Dies ist ein durchaus überraschendes Resultat, welches zeigt, daß die Dicke der Dampfkesselwände ohne Einfluß auf die Dampfproduction ist, und gewiß ist dasselbe nicht ohne praktisches Interesse, hauptsächlich in Beziehung auf die öffentliche Sicherheit. Bei alledem darf dieses Resultat, was seine Anwendung auf Dampfkessel betrifft, nur mit Vorsicht entgegengenommen werden. Man weiß, daß ein großer Unterschied zwischen einem Experiment, wie es im Laboratorium angestellt wird, und einem Versuch im Großen bestehen kann.

Wer hätte wol von vornherein behaupten mögen, daß zwei bezüglich ihrer Masse so verschiedene Schalen, wie A und C, dieselben oder fast dieselben Resultate geben würden? Die Masse der Schale A verhält sich zu der von C wie 1 : 9,44, und diese enorme Differenz war ohne bemerkenswerthen Einfluß auf die Verdampfungszeit des Wassers. Ich habe ausdrücklich erwähnt, daß der Docht der Lampe während dieses Versuchs unveränderlich befestigt war. Dies ist wohl zu beachten, da andernfalls die Resultate untereinander nicht vergleichbar sein würden.

Eine Fehlerquelle konnte wol darin liegen, daß kleine Wasserkügelchen beim Sieden über den Rand der Schale hinausgeschleudert werden. Dies hat sich jedoch bei jedem Versuch in gleicher Weise wiederholt, und deshalb glaube ich diesen Umstand vernachlässigen zu dürfen. [1]

---

[1] Eine Bemerkung, die ich bei diesen Versuchen gemacht habe, glaube ich nicht verschweigen zu dürfen. Als ich die drei Silberschalen zum ersten mal

Die vorstehenden Versuche sind bei verschiedenen Temperaturen wiederholt worden, und die Resultate waren stets dieselben. Die Verdampfungszeiten blieben sich stets gleich, oder schwankten nur zwischen sehr engen Grenzen.

Vergleicht man diesen Versuch mit dem vorhergehenden, so scheint daraus hervorzugehen, daß die Masse einen großen Einfluß auf die Ursache ausübte, welche den Uebergang der Körper in den sphäroidalen Zustand bedingt.

Zweiundsiebzigster Versuch. — Derselbe wurde von mir in Gemeinschaft mit Herrn Despretz angestellt. Man macht im Brennpunkt einer Linse eine kleine Platinschale glühend und gießt einige Tropfen Wasser hinein, welche, wie man wohl erwarten durfte, in den sphäroidalen Zustand übergehen. Hieraus sieht man, daß die Sonnenwärme auf die Körper im sphäroidalen Zustande gerade so wirkt, wie die der übrigen Wärmequellen.

Wir gedenken diese Versuche später wiederaufzunehmen und sind der Hoffnung, Wasser in demselben Brennpunkte zum Gefrieren zu bringen, in dem wir Metalle geschmolzen und verflüchtigt haben.

---

erhitzte, färbten sie die Flamme deutlich grün, später immer schwächer. Die Gefäße nahmen dann ein etwas krystallinisches Gefüge an, wurden weißer und sehr leicht schmelzbar, während sich ihr Gewicht verminderte. Vielleicht können die Affineurs aus diesem Factum, das eben nicht zu meinem Vortheil war, den ihren ziehen.

Zweiter Theil.

Chemie.

„Wenn Ihr Gott leugnen wollt, so laßt mir ein Grashälmchen wachsen."
Alfonse Karr.

„Die Lebenskräfte und die physikalischen Kräfte sind einander entgegengesetzt wie Leben und Tod."
Dr. Légal (aus Harfleur).

Niemand wird erwarten, hier alles Das zu finden, was das Studium der Körper im sphäroidalen Zustande der Chemie verspricht, und man wird, wie ich hoffe, wenigstens nicht zögern zuzugestehen, daß die Untersuchung einer einzigen ternären Verbindung für sich den Stoff für ein umfangreiches Werk liefern kann. Man begreift leicht, daß dem so sein muß, wenn man sich erinnert, daß das Gleichgewicht der Wärme sich nur zwischen dem Körper im sphäroidalen Zustande und dem Gefäße, welches denselben enthält, herstellt, und daß das Gegentheil für den Dampf stattfindet, den er gibt.

Wenn man mit einem Körper experimentirt, dessen Siedepunkt $= E$ ist, so wird seine Temperatur im sphäroidalen Zustande $= E - S$ [1] sein; der Dampf jedoch, der sich aus dem Körper entwickelt, kann alle

---

[1] S ist proportional dem Siedepunkte der Körper; sein Werth ist für Wasser $= 3{,}5°$.

bekannten Temperaturgrade durchlaufen, und wenn man beim freien Zutritt der Luft arbeitet, so liegt die Möglichkeit vor, eine beträchtliche Anzahl neuer Verbindungen infolge der gemeinschaftlichen Einwirkung von Sauerstoff, Stickstoff und hygroskopischem Wasser zu erhalten. Experimentirt man im leeren Raume, so sind die Resultate andere und aller Wahrscheinlichkeit nach chemische Verbindungen von hohem Interesse. Stellt man die Versuche in einer Atmosphäre von Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff, Schwefeldampf, Chlor, Brom u. s. w. an, so ist man, wenn mich nicht Alles trügt, zu der Hoffnung berechtigt, eine fast endlose Zahl unbekannter, oder auch solcher bekannten Verbindungen zu erhalten, die auf andere Weise schwer darzustellen sind.

Man wird daher in dem vorliegenden Theile dieses Werkes nur vorläufige Versuche verzeichnet finden, welche uns als Wegweiser nach dem fruchtbaren Untersuchungsgebiete dienen werden, zu dessen Entdeckung uns der Zufall verholfen, und dessen Ausdehnung und Grenzen unbekannt sind.

Ich komme zunächst auf den siebenundzwanzigsten und achtundzwanzigsten Versuch zurück, welche von dem salpetersauren Ammoniak handeln, dann werde ich mit dem Aether das Studium des sphäroidalen Zustandes der Körper in Beziehung auf die Chemie beginnen.

Salpetersaures Ammoniak, in einer Platinschale der Einwirkung der Wärme ausgesetzt, schmilzt, entzündet sich und verbrennt ohne Rückstand. Macht man im Gegentheil die Schale vorher glühend, so geht das Salz in den sphäroidalen Zustand über, zersetzt sich und brennt nicht; entzieht man aber das Gefäß der Einwirkung der Wärme, so kommt ein Moment, wo das Salz die Schale berührt und dann wie beim ersten Versuch brennt.

So zeigt uns also das salpetersaure Ammoniak die sonderbare Thatsache eines abwechselnd brennbaren und nicht brennbaren Körpers, der gerade unter Umständen, die die Veranlassung zu einer lebhaften Verbrennung geben sollten, nicht verbrennlich ist.

Macht man diesen Versuch im Dunkeln, so sieht man das Sphäroid des salpetersauren Ammoniaks in einer kleinen Entfernung von einer leuchtenden Atmosphäre umgeben, sodaß dasselbe aus drei concentrischen Sphäroiden zu bestehen scheint: dem flüssigen nicht leuchtenden Sphäroid in der Mitte, einer gasförmigen dunkeln Atmosphäre und endlich der äußern leuchtenden Hülle. Ich empfehle diesen Versuch der Aufmerksamkeit der Gelehrten, mache jedoch bemerklich, daß er nicht immer gelingt.

Diese in ihren Resultaten so verschiedenen Versuche schienen mir durchaus geeignet, die Hoffnungen zu begründen, welche ich bezüglich dieser neuen Art der Wärmeeinwirkung auf die Materie hege.

Dreiundsiebzigster Versuch. — Man stellt einen Platin- oder Silbertiegel in ein Oelbad von + 90° und gießt einige Tropfen Aether hinein, wobei man die beim zweiten Versuch beschriebenen Vorsichtsmaßregeln anzuwenden hat.[1] Der Aether geht in den sphäroidalen Zustand über und seine Temperatur ist nach dem im ersten Theile dieses Werkes entwickelten Gesetze niedriger als die seines Siedepunkts; sie ist = + 34,25°. Man steigert nun gradweise die Temperatur des Bades bis auf + 300°, auch wol darüber hinaus, und die Temperatur des Aethers bleibt unverändert. Bei tiefer Dunkelheit bemerkt man während der ganzen Dauer des Versuchs eine wenig leuchtende blaue Flamme in dem Tiegel, dessen Raum sie ganz erfüllt, wellenförmig spielen.

Diese schwache und durchscheinende Flamme ist das Zeichen einer gänzlichen Verwandlung, die der Aether erleidet; sie ist durch die Entwickelung einer Gasart charakterisirt, deren starker und durchdringender Geruch die Schleimhaut der Nase und die Conjunctiven empfindlich reizt. Dieser Geruch gehört ausschließlich dem Aldehyd an. Die folgende Gleichung zeigt seine Entstehung:

$$C_4 H_5 O + 2 O = C_4 H_4 O_2 + H O$$

Nicht immer ist indessen die Reaction so einfach und deutlich; der Stickstoff scheint unter gewissen Umständen absorbirt zu werden und zur Entstehung eines Ammoniak-, knallsauren (?), salpetersauren (?) Salzes Veranlassung zu geben, welches gegen das Ende des Versuchs mit großem Glanze verbrennt. Dieses verbrennliche Product scheint sich hauptsächlich aus Aether zu bilden, welches eine zeitlang in einem nur halbgefüllten und häufig geöffneten Gefäße aufbewahrt worden ist. Der Aether, welchen man in den Apotheken findet, eignet sich daher sehr gut für diesen Versuch.

Andererseits vereinigt sich eine gewisse Menge Sauerstoff mit dem Aether im sphäroidalen Zustande, welche die Bildung einer sehr starken Säure veranlaßt. Es braucht kaum erwähnt zu werden, daß der

[1] Wenn man diesen Versuch nicht bei genau bestimmten Temperaturen ausführen will, so ist es besser, sich einer Lampe mit doppeltem Luftzuge zu bedienen; sie ist bequemer und geeigneter und der Oelgeruch mischt sich nicht mit den Producten der Reaction.

Aether nur schwer verbrennbar ist. Anderweite Versuche müssen uns über die Natur dieser Säure Aufschluß geben.

Wenn ich weiter oben gesagt habe, daß die Temperatur des Aethers unveränderlich ist, so kann sich dies nur auf den Aether beziehen, der die eben beschriebenen Reactionen nicht erlitten hat. Der Nichtberücksichtigung dieser Reactionen und des mangelnden Wärmegleichgewichts ist es zuzuschreiben, daß ein übrigens verdienstlicher Physiker sich bei Bestimmung der Verdampfungswärme einer gewissen Zahl flüchtiger nicht elementarer Körper täuschte, indem er dazu diese Art der Experimentation wählte.

Es ist indessen nicht zweifelhaft, daß diese Verfahrungsweise ein neues Mittel bietet, welches in geschickten Händen sehr werthvoll werden kann; aber eben weil es neu und wenig bekannt ist, muß es mit äußerster Vorsicht angewendet werden; andernfalls könnte es zu großen Irrthümern Veranlassung geben.

Die oben erwähnte schwache und durchscheinende Flamme zeigt sich (verhältnißmäßig) sehr lebhaft bei einer Temperatur über + 200°. Unterhalb derselben ist sie weniger deutlich. Bei viel größerer Wärme entzündet sich der Aether und brennt mit der bei diesem Körper bekannten schönen weißen Flamme, ohne deswegen den sphäroidalen Zustand zu verlassen.

Die beschriebenen chemischen Veränderungen lassen sich sehr leicht erklären, wenn man erwägt, daß der Aether nicht mehr dem Gesetze des Wärmegleichgewichts unterworfen ist, und daß die umgebende Luft auf ihn einwirkt.

Man würde ähnliche Resultate erhalten, wenn man eine kleine Menge Aetherdampf und atmosphärische Luft durch eine glühende Röhre leitete, oder auch wenn man den Aether, mit Kieselerde, Platinschwamm, Ziegelmehl u. s. w. gemischt, erhitzte. Im erstern Falle ist der Dampf, der sich aus dem Aether im sphäroidalen Zustande in sehr geringer Menge entwickelt, in einem sehr vertheilten Zustande der Wärmeeinwirkung unterworfen, und aus diesem Grunde sind die Resultate fast die gleichen, wenn man nicht allein den Aether, sondern auch alle die Substanzen, mit denen man experimentirt, durch feste, unangreifbare Körper vertheilt und dann der Wärme aussetzt. In beiden Fällen wirkt die Wärme auf die Körper sozusagen Molecul für Molecul, und deshalb erklärte ich im Jahre 1839 (Mémoire à l'Académie des sciences): „Dies kann in den Händen der Chemiker ein sehr wirksames Mittel der chemischen Action werden, mit Hülfe dessen man neue Verbindungen erhalten könnte." Alles Dies kann man übrigens

unmittelbar aus dem Mangel des Wärmegleichgewichts und der langsamen Verdampfung der Körper im sphäroidalen Zustande erklären.

Wenn die Industrie des Aldehyds bedarf, so wird man ihn leicht aus Aether und Alkohol im sphäroidalen Zustande, oder noch besser aus Wein darstellen können, den man im sphäroidalen Zustande in Berührung mit der Luft der Destillation unterwirft.

Ehe wir zu einem andern Versuch übergehen, sei nur noch bemerkt, daß von den zwei brennbaren Elementen des Aethers nur eines, der Wasserstoff, in bemerkbarer Menge und ohne deutliche Flamme verbrennt, und daß seine Temperatur trotz der außerordentlichen Veränderungen der des umgebenden Mittels constant bleibt.

Bei den Thieren ist es im Gegentheil der Kohlenstoff, der in bemerkbarer Menge und ohne deutliche Flamme verbrennt; ihre Temperatur aber ist wie die des Aethers fast unveränderlich und unabhängig von dem Mittel, in welchem sie leben.

So ist es ja zum Beispiel bekannt, daß der Mensch alle Phasen seines Daseins in einem Mittel durchlaufen kann, dessen Temperatur zwischen — 30° und + 40° schwankt, und daß er sogar eine gewisse Zeit lang die excessiven Temperaturen von — 60° und + 150° zu ertragen vermag.

Die unter dem Namen der Selbstverbrennung bekannte Krankheit scheint sich eng an diese Art von Erscheinungen anzuschließen. Vielleicht kommen wir einst über die Ursachen dieser entsetzlichen Krankheit ins Klare, welcher ganz besonders Branntweintrinker erliegen, und von der man bisjetzt noch keine genügende Erklärung gegeben hat.

Was über die Beständigkeit der Temperatur der Thiere gesagt ist, ist in gleicher Weise auf die Pflanzen anwendbar, welche im Allgemeinen eine constante und von der des umgebenden Mittels unabhängige Temperatur besitzen. Niemand wird die Isolirung der von Schnee umgebenden untersten Theile der Baumstämme unbemerkt gelassen haben, was ein sicheres Zeichen für eine erhöhte Temperatur im Baume ist. Man erklärt diese Erscheinung, indem man angibt, daß die Pflanzen schlechte Wärmeleiter seien; dies ist indeß eine Erklärung, wie so viele andere, die durchaus nichts erklären. Ich beschränke mich deshalb darauf, auf die Analogie hinzuweisen, welche in Beziehung auf die Temperatur zwischen den Thieren, den Pflanzen und den Körpern im sphäroidalen Zustande besteht, und schließe die Beschreibung dieses Versuchs mit folgender Zusammenstellung:

Eigenschaften des unbelebten Moleculs im sphäroidalen Zustande (Aether).	Eigenschaften des belebten Moleculs (Thier).
Abgerundete Begrenzungsflächen; Constanz oder unbemerkbare Schwankung der Temperatur, wie die des umgebenden Mittels auch schwanken mag; langsame Verbrennung des einen seiner brennbaren Elemente (Wasserstoff).	Abgerundete Begrenzungsflächen; Constanz oder unbemerkbare Schwankung der Temperatur, wie die des umgebenden Mittels auch schwanken mag; langsame Verbrennung des einen seiner brennbaren Elemente (Kohlenstoff).

Ein wenig Kohlenstoff verbrennt im Aether, ebenso wie ein wenig Wasserstoff im Thiere verbrennt, und dieser Umstand macht die Analogie nur vollständiger.

Repräsentirt somit der Aether im sphäroidalen Zustande nicht das Phänomen der Respiration der unorganischen Materie?

Wenn man mit Dumas annimmt, daß die Pflanzen Reductions- und die Thiere Verbrennungs- oder Oxydationsapparate sind, so wird die Analogie zwischen dem belebten Molecul und dem Molecul im sphäroidalen Zustande noch frappanter. (S. den zweiundneunzigsten Versuch und das Résumé über den zweiten und dritten Theil am Ende des Werkes.)

Man könnte ein Gemisch aus Aether, Alkohol und Ammoniak machen, dessen Temperatur im sphäroidalen Zustande 37° und 38°, das heißt der der höhern Thiergattungen, gleich sein würde. Man würde dann das animalische Molecul haben mit seinen wesentlichen, physikalischen und chemischen Eigenschaften und seiner elementaren Zusammensetzung aus Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff und Kohlenstoff. Ihm mangelt nichts mehr, als von der Lebenskraft beseelt zu sein, von dieser geheimnißvollen Kraft, an welcher alle Anstrengungen der Denker gescheitert sind.

Sollten diese Thatsachen und Analogien nicht verdienen, mit Aufmerksamkeit durchdacht zu werden?

Ich glaube hier einige theoretische Ansichten über die Aetherisation oder Asphyxie durch Substitution geben zu dürfen.

Im Jahre 1843 habe ich im „Bulletin de thérapeutique" von Miquel eine Notiz über die Verwandlung des Aethers in Aldehyd und den Gebrauch seines Dampfes in der Medicin veröffentlicht.[1] In dieser Notiz machte ich in der Kürze auf

[1] Die Nummern vom 15. und 30. März 1843.

die bemerkenswerthen Erscheinungen aufmerksam, welche der Aether im sphäroidalen Zustande zeigt, ich erwähnte der gänzlichen Metamorphose, welche er unter dem Einflusse dieser Molecularmodification erleidet, und lenkte die Aufmerksamkeit der Mediciner auf die Eigenschaften des Aldehyds in Dampfform. Die beiden letzten Paragraphen dieser Note lauten folgendermaßen:

„Als ich mich dem Studium dieser schönen Erscheinungen widmete und von einer Atmosphäre umgeben war, welche sehr viel Aldehyd enthielt, empfand ich ein eigenthümliches Wohlbehagen, welches nicht mit der Aufregung zu vergleichen ist, die der mäßige Genuß eines guten Weines hervorbringt. Es schien mir, als wären meine Gedanken klarer und alle meine Glieder geschmeidiger.

„Solcher Art ist die Einwirkung des Aldehyds auf den thierischen Organismus. Würde es nicht nützlich sein, einige Versuche über den Gebrauch seines Dampfes gegen gewisse chronische Krankheiten der Luftwege anzustellen? Und wenn er auch nur dazu dienen sollte, den unglücklichen Kranken einige Stunden des Wohlbefindens zu verschaffen, so würde es schon der Mühe lohnen, davon Gebrauch zu machen. Dies ist eine Frage der Humanität, deren Lösung, wenn man sie den Aerzten stellt, mit Sicherheit zu erwarten ist.“

Wie man sieht, war ich bis zu der Periode der Aufregung gekommen, welche durch die Einathmung von Aetherdampf eintritt; einen Schritt weiter, und ich wäre zur Unempfindlichkeit und gänzlichen Bewußtlosigkeit gelangt. Es ist nicht zweifelhaft, daß Derjenige, welcher die Anwendung von Aldehyddampf auf einen einzigen Kranken versucht haben würde, die wichtige Entdeckung gemacht hätte, die so lebhaft und mit so vollem Recht die öffentliche Aufmerksamkeit erregte.

Uebrigens habe ich diese wenigen Worte aus dem „Bulletin de thérapeutique“ nur deshalb citirt, um abermals zu zeigen, wie langsam der menschliche Geist vorschreitet und wie viel Zeit erfoderlich ist, um eine einzige Eigenschaft der Materie zu entdecken. Es ist unzweifelhaft, daß ich zu wiederholten malen kaum einen Schritt von der heilsamsten Entdeckung unsers Jahrhunderts entfernt war: doch ihre Stunde hatte noch nicht geschlagen.[1]

Nach diesen Bemerkungen will ich vom Standpunkte der Chemie die betäubende Wirkung des Aethers prüfen, und als Grund-

---

[1] Dies war im Jahre 1847 geschrieben und ist im Januar 1848 im „Répertoire de pharmacie de M. Bouchardat“ gedruckt worden.

lage meiner Betrachtungen Thatsachen und bemerkenswerthe Analogien wählen.

Wenn bei der Respiration Sauerstoff absorbirt und in den Strom der Circulation geführt wird, oder wenn er sich in der Lunge mit dem Kohlenstoff des venösen Blutes verbindet, so ist klar, daß dieses Phänomen eine wirkliche aber langsame Verbrennung ohne Flamme ist.

Es findet zwischen dieser Verbrennung und der von Kohle in Sauerstoff derselbe Unterschied statt, den man zwischen der langsamen Orydation des Eisens und seiner so glänzenden Verbrennung in Sauerstoff bemerkt.

Die Wissenschaft besitzt heute eine gewisse Anzahl von Thatsachen, welche einige Analogie mit der eigentlichen Respiration und dem Phänomen der unorganischen Respiration haben. Es mögen hier einige derselben folgen.

Wer öfter mit Feuergewehren umzugehen pflegt, wird gewiß die schwarze Farbe, welche das Innere des Laufes nach mehrmaligem Abschießen zeigt, bemerkt haben, und ebenso, daß diese Farbe nach Verlauf einer kürzern oder längern Zeit infolge einer langsamen Verbrennung der Kohle verschwindet, welche immer einen Theil des Pulverrückstandes ausmacht. Und dennoch wird der Kohlenstoff als eine der unveränderlichsten Substanzen betrachtet, die wir besitzen. Aber man darf in dem vorliegenden Falle nicht die äußerst feine Zertheilung dieses Körpers in einer größern Menge von Schwefelkalium vergessen.

Ich will hier nicht untersuchen, in welche Form der Kohlenstoff bei seinem Verschwinden übergeht, ob in die des Oryds, der Säure oder des Sulphids. Ich theile einfach ein Factum mit und nichts weiter, ein Factum, dessen, soviel ich weiß, noch nirgends erwähnt ist.

Im vorigen Jahre hat Dumas eine ähnliche, aber auf den Schwefel bezügliche Thatsache mitgetheilt. Man hat bemerkt, daß wenn man Leinwand der Einwirkung von Wasserdampf, der mit Schwefelwasserstoff geschwängert ist, aussetzt, sie sehr schnell infolge der Bildung von Schwefelsäure zerstört wird.

Noch eine andere Thatsache bezüglich desselben Metalloids.

Seit dem Jahre 1838 habe ich beobachtet, daß schweflige Säure im sphäroidalen Zustande in feuchter Luft Sauerstoff absorbirt und deutliche Nebel von Schwefelsäure gibt. Neue Beobachtungen haben dies Factum bestätigt, welches mich daran denken ließ, die Fabrikation der Schwefelsäure ohne Bleikammern zu ermöglichen.

Man weiß aus Erfahrung, daß Aether, Essigäther, Salpeteräther, Chlorwasserstoffäther, Chloroform, Chlor- und Schwefelkohlenstoff und

eine große Zahl Kohlenwasserstoffe im sphäroidalen Zustande verbrennen, ohne eine deutliche Flamme zu geben, und zahlreiche Zersetzungsproducte liefern, welche man sich leicht vorstellen kann, wenn man die Zusammensetzung der vorhergenannten Körper erwägt.

Dieser langsamen Verbrennung habe ich den Namen der Respiration der unorganischen Materie gegeben.

Unzweifelhaft geht etwas Analoges in den Lungen der Thiere vor. Die Bildung von Kohlensäure beim Athmungsproceß ist davon ein sicherer Beweis.

Schon die Herren Lassaigne und Blandin haben nachgewiesen, daß die Thiere im ätherisirten Zustande mehr Kohlensäure geben als sonst. Dies muß so sein, wie ich weiter unten zeigen werde.

Es ist bekannt, daß Stickstoffoxydulgas, welches auf einige Constitutionen einen so angenehmen Einfluß ausübt, für andere tödtlich ist; und dies wird sehr erklärlich, wenn man zugibt, daß unter gewissen atmosphärischen Einflüssen einerseits und pathologischen andererseits das Stickstoffoxydul zur Bildung geringer Mengen von Stickstoffoxyd und darauf von Untersalpetersäure Veranlassung geben kann.[1]

Jeder kennt die schädlichen Wirkungen des Blumenduftes in einem Zimmer, Wirkungen, die um so gefährlicher werden, als der Geruch angenehmer ist und die Blumen in größerer Menge vorhanden sind. Man zählt Fälle, wo gänzliche Bewußtlosigkeit, sogar der Tod, die Folgen allzu großer Anhäufung von Blumen in Schlafzimmern waren.

Was thaten die Alten, die sich in Parfüms berauschten, Anderes, als daß sie sich ätherisirten?

Es ist ferner allbekannt, daß es gefährlich ist, in einem Zimmer zu schlafen, welches eben mit Terpentinöl gestrichen ist, und man weiß, daß der Dampf dieses Oels ebenso wie der von den Oelen derselben Gruppe auf den Urin einwirkt, welchem er einen deutlichen Veilchengeruch ertheilt.

Es ist mir selber ein Fall bekannt, wo durch Terpentinöldampf Asphyxie und dann der Tod eintrat.

Der Gewürzhändler L..., der sich eben verheirathen wollte, hatte seine Wohnung und zuletzt sein Schlafzimmer neu anstreichen lassen. In der Nacht vor seiner Hochzeit schlief er wie gewöhnlich in demselben und am andern Morgen fand man ihn todt im Bett. Der

[1] Wenn man sich erinnert, daß die Lunge in gewisser Beziehung wie Platinschwamm, wie der sphäroidale Zustand wirkt, welcher ein ausgezeichnetes Oxydationsmittel ist, so muß meine Voraussetzung annehmbar erscheinen.

Tod dieses unglücklichen jungen Mannes wurde der Wirkung des Terpentinöldampfes zugeschrieben und gewiß mit Recht.

Doch diese Ursache der Asphyxie ist nicht so einfach als sie wol scheint. Es geht nämlich aus den Beobachtungen von Bouvier[1] hervor, daß die Porzellanmaler ungefährdet in einer von Terpentinöldampf gesättigten Atmosphäre leben können. Es ist wahr, daß die Oberfläche in diesem Falle eine wichtige Rolle spielt, der man sehr wohl Rechnung tragen muß. Indessen erklärt der Unterschied zwischen der Oberfläche des in einem Maleratelier verbrauchten Terpentinöls und des auf die Wand eines Zimmers gestrichenen den schädlichen Einfluß, welchen die genannte Substanz auf die während einer Nacht in einem solchen Zimmer schlafenden Personen ausübt, nicht durchaus genügend, und man muß nothwendig noch andere Ursachen der Asphyxie annehmen. Sollte man nicht mit vielem Recht dafürhalten, daß die Oele sich spalten und die sich bildenden Oelsäuren mit dem Bleioxyd verbinden, wodurch die Kohlensäure in Freiheit gesetzt würde? Diese Annahme ist höchst wahrscheinlich, denn sie stützt sich durchaus nur auf die Erfahrung. Allein anders verhält es sich bei den Anstrichen mit Zinkoxyd, wo keine Kohlensäure in Freiheit gesetzt werden kann und man daher nach einem andern Grunde suchen muß.

Es ist bekannt, daß die Oele beim Festwerden, das ist beim Trocknen oder Verharzen, Sauerstoff absorbiren und Kohlensäure bilden. So liegen also in diesem einen Processe zwei Ursachen, welche die Luft bedeutend verderben können: die Absorption von Sauerstoff und die Bildung von Kohlensäure. Rechnet man dazu noch die Wirkung des Terpentinöls oder eines Kohlenwasserstoffes, der infolge der Spaltung dieses Körpers erzeugt wird, so wird man leicht die schädliche Wirkung der Luft eines solchen Zimmers begreifen.

Im Uebrigen verdient dieser Gegenstand die Aufmerksamkeit der Forscher, und wir dürfen ihn wol den Chemikern und Physiologen empfehlen; sie werden ohne Zweifel finden, daß hier ein sehr dankbares und sehr wichtiges Untersuchungsobject vorliegt.[2]

---

[1] S. „Ami des sciences" vom 23. und 30. Oct. 1855, 13. und 20. Jan. 1856.

[2] Herr Marchal hat über diesen Gegenstand eine Abhandlung von hohem Interesse veröffentlicht, die in der „Union médicale" vom 13., 15., 18. und 20. März 1856 abgedruckt ist. Der Titel dieser Schrift ist „Mémoire sur l'empoisonnement par la vapeur d'essence de térébenthine". Der Verfasser nimmt theilweise unsere Theorie an, aber er glaubt zu gleicher Zeit an eine specielle Einwirkung des Terpentinöldampfes auf das Rückenmark.

Folgende zwei Versuche habe ich an mir selbst angestellt.

Ich erinnere daran, daß im Aethylchlorür und im Chloroform [1] das Chlor in einer solchen Verbindung enthalten ist, daß es auf salpetersaures Silber nicht reagirt. Führt man jedoch diesen Körper in den sphäroidalen Zustand über, so wird das Chlor in Freiheit gesetzt und wirkt nun auf das Nitrat ein. Dies ist wieder ein Fall der weiter oben erwähnten langsamen Verbrennung oder der unorganischen Respiration.

Um zu erfahren, ob ähnliche Erscheinungen unter dem Einflusse des Lebensprocesses stattfinden, athmete ich nacheinander Chloroform und Aethylchlorür ein und blies die ausgeathmete Luft durch eine Auflösung von Silbernitrat, dasselbe wurde trübe und erlangte auf Zusatz von Ammoniak seine Durchsichtigkeit wieder. Es ist sonach einleuchtend, daß das Aethylchlorür und das Chloroform in der Lunge so gut wie im sphäroidalen Zustande zersetzt werden.

Aber es müssen in dieser Richtung noch quantitative Versuche über die Menge der erzeugten Kohlensäure, des Wassers und der Salzsäure angestellt werden.

Wir machen bei Gelegenheit der vorhergehenden Versuche darauf aufmerksam, daß die chlorhaltigen Verbindungen Nachtheile mit sich bringen können, da das Chlor in Berührung mit den Lungen entweder als solches, oder als Chlorwasserstoffsäure in Freiheit gesetzt wird. Diese Nachtheile werden vorzüglich bei widerstrebenden, das heißt bei solchen Naturen hervortreten, die die Anwendung einer großen Menge des anästhesirenden Mittels erfodern.

Ich kenne zwei Personen, welche nach der Einwirkung des Chloroform von der Grippe (acute Bronchitis mit Kephalalgie) befallen wurden.

Es ist bemerkenswerth, daß alle Substanzen, welche angewandt werden, um Gefühllosigkeit hervorzubringen, zu den flüchtigen und leicht oxydirbaren Verbindungen gehören.

Könnte man hieraus nicht schließen, daß alle flüchtigen und bei niedriger Temperatur oxydirbaren Substanzen geeignet sind, die Wohlthaten der Aetherisirung hervorzubringen? Man kann kaum daran zweifeln, und ich glaube, daß reiner Kohlenwasserstoff, der einen Siedepunkt von 10° bis 15° hätte, das beste Mittel zur Anästhe-

[1] Es ist bekannt, daß Herr Flourens der erste Physiolog war, welcher die Idee hatte, andere Verbindungen als den Aether anzuwenden, um Gefühllosigkeit hervorzubringen.

sirung sein würde? Indessen hat die Erfahrung definitiv über diesen wie über so viele andere Punkte zu entscheiden.

Wenn ich hier einen Kohlenwasserstoff lieber als eine andere Verbindung vorschlage, so geschieht dies deshalb, weil der Sauerstoff, den wir einathmen, sich fast ausschließlich mit Kohlenstoff und Wasserstoff verbindet, um Kohlensäure und Wasser zu bilden.

Man wird jetzt leicht begreifen, was ich unter Asphyxie durch Substitution verstehe. Der anästhesirende Dampf kommt mit Luft gemischt in der Lunge an. Ein Theil dieses Dampfes wird von der Lungenoberfläche absorbirt und in den Strom der Blutcirculation gebracht; daher die Aufregung, die der Gefühllosigkeit vorhergeht. Der andere Theil absorbirt eine gewisse, wenn nicht die ganze Menge des Sauerstoffs der Luft und veranlaßt eine reichlichere Bildung von Kohlensäure und Wasser, wie die Herren Lassaigne und Blandin bemerkt haben. Diese Theorie ist, wie man sieht, sehr einfach. Der anästhesirende Dampf substituirt sich der Lunge, absorbirt, wenigstens zum Theil, den Sauerstoff, der für diese bestimmt war, und es tritt infolge dessen in den meisten Fällen eine unvollkommene, in den andern eine vollkommene Asphyxie ein. Unser ganzes Bestreben muß in Zukunft dahin gehen, dieses letztere beklagenswerthe Resultat zu verhindern. Sollte nicht alle Welt die Anwendung des Sauerstoffs hier vorschlagen?

Es erfolgt also in der eigentlichen Asphyxie aus Mangel an Sauerstoff der Tod, in der Asphyxie durch Substitution dagegen fehlt der Sauerstoff zwar nicht, aber er verbindet sich zum Theil mit dem anästhesirenden Dampfe, statt auf die Lungen zu wirken, daher die momentane Aufhebung des Gefühls.

Was die übrigen Bestandtheile der anästhesirenden Verbindung außer Kohlenstoff und Wasserstoff anbetrifft, wie zum Beispiel Chlor, Untersalpetersäure u. s. w., so halte ich sie für nutzlos, jedoch nicht ohne Nachtheil.

Wird nicht dieser Versuch einer Theorie durch die Gefühllosigkeit, welche mit dem Rausche verbunden ist, bestätigt? Der absorbirte Alkohol gelangt in die Circulation und kommt in die Lunge, wo er sich mit dem für das Blut bestimmten Sauerstoff verbindet. Jedermann weiß, daß die Lungenausathmung während des Rausches einen alkoholischen Geruch hat.

Sollte nicht dieser Vorgang, wenn er sich häufig und ohne vollständige Unterbrechung wiederholt, den Lungen die Fähigkeit, Sauerstoff zu absorbiren, benehmen können? In diesem Falle würde die

langsame Verbrennung, welche im normalen Zustande in diesem Organe vorgeht, mit größerer Intensität auf der Oberfläche des Körpers stattfinden, und so die schreckliche Krankheit veranlassen, welche unter dem Namen der freiwilligen Verbrennung bekannt ist, eine Krankheit, welche hauptsächlich die Branntweintrinker befällt.

Gegenwärtig sind die soeben auseinandergesetzten theoretischen Ansichten, soweit sie die anästhesirende Wirkung der Kohlenwasserstoffe betreffen, vollkommen bestätigt. Herr Simpson hat in der That gefunden, daß die künstliche Naphtha (Coal tar Naphtha) ein ebenso kräftig anästhesirendes Mittel ist wie das Chloroform. Die durch die Naphtha hervorgebrachte Anästhesie tritt, wie er sagt, ebenso rasch und vollständig ein wie die durch Chloroform.[1]

Herr Durois, Apotheker zu Paris, hat an die Akademie der Wissenschaften ein sehr gutes Mémoire über die Anwendung des Sauerstoffs gegen die durch Chloroform veranlaßten Unfälle und gegen die Asphyxie gerichtet, welches er sodann in der „Union médicale" vom 7. Mai 1850 veröffentlicht hat. In dieser Arbeit beweist Herr Durois durch zahlreiche Versuche, daß der Sauerstoff ein Antidot gegen die anästhesirenden Mittel ist, und daß er sich vorzüglich eignet, um die Nachtheile zu bekämpfen, welche der Einathmung dieser mächtigen Modificatoren folgen. Er sagt: „Man begreift ohne Mühe, daß der Sauerstoff eine energischere Wirkung haben muß als die gewöhnliche Luft, eine Wirkung, welche unentbehrlich ist, um die Hämatose und die Circulation des Blutes, mit einem Worte das Leben, wiederherzustellen."

Auch über diesen Punkt also (die Anwendung des Sauerstoffs als Antidot gegen die anästhesirenden Mittel) haben spätere Untersuchungen die Theorie bestätigt.

Vierundsiebzigster Versuch. — Wenn man mit dem Alkohol ebenso operirt, wie es mit dem Aether geschehen ist, so sieht man analoge Erscheinungen und erhält völlig identische Resultate. Sie sind weniger auffallend, und dies ist natürlich, da die Producte der langsamen Verbrennung durch eine größere Menge Wasserdampf verdünnt sind.

Fünfundsiebzigster Versuch. — Was soeben vom Alkohol gesagt ist, ist auch auf den Holzgeist anwendbar. Indessen wird ein geübtes Geruchsorgan einen Unterschied finden zwischen dem charakteristischen Geruch des Aethers im sphäroidalen Zustande und dem des

---

[1] „Journal de pharmacie et de chimie", April 1849.

Holzgeistes unter denselben Umständen. Das Sphäroid des Holzgeistes scheint eine größere Menge Sauerstoff zu absorbiren und eine stärkere Säure zu bilden.

Es sind äußerst genaue Versuche erfoderlich, um diese interessanten Fragen zu lösen. Bekanntlich bildet der Alkohol bei Gegenwart von Platinschwamm Essigsäure, und der Holzgeist Ameisensäure.[1] Wenn dieselben Umbildungen durch den Einfluß des sphäroidalen Zustandes stattfinden, so würde dies ein Grund mehr sein, um zuzugeben, daß wir wirklich Atome mit ihren specifischen Eigenschaften, ihren Anziehungen und Abstoßungen vor uns haben, und dies würde in diesem Zweige der menschlichen Erkenntniß ein großer Fortschritt sein; denn dann könnte die Mathematik endlich ihre Methoden auf das Studium der kleinsten Theile der Materie anwenden, die schwierigsten Probleme lösen, die seit der Kindheit der Philosophie die Geister beschäftigt, und für immer die Finsterniß zerstreuen, die diesen so wichtigen Theil der Wissenschaft umhüllt.

Sechsundsiebzigster Versuch. — Man erhitzt eine halbkugelförmige vollkommen blanke Kupferschale; die Hitze veranlaßt sofort die Entstehung einer Oxydschicht, welche vom Anfang bis zum Ende ihrer Bildung eine ganze Reihe von farbigen Ringen bemerken läßt. Wenn die Farbe sich nicht mehr verändert, so schraubt man den Docht der Lampe herab, um die Temperatur der Schale bis zu ungefähr 250° zu erniedrigen. Dann läßt man mit Hülfe einer Capillarpipette in schiefer Richtung einen Strom Aether darauffallen. Dieser kommt durch seinen Dampf mit allen Theilen der Schale in Berührung und reducirt augenblicklich das Kupferoxyd. Die Schale erhält wieder ihren metallischen Glanz. Der Aether ist dann sauer und nicht mehr oder wenigstens nur unvollständig verbrennlich.

Dieser Versuch gelingt nicht immer vollständig; aber der dem horizontalen Durchmesser des Sphäroids entsprechende Theil der Schale wird stets blank, was augenscheinlich beweist, daß der Aether desoxydirend wirkt, und daß die Molecule seines Dampfes sich in dem chemischen Wirkungskreis des Kupferoxyds befinde.

In allen Fällen bildet sich eine bedeutende Menge Aldehyd; ebenso bleibt in allen Fällen, wo man die Sphäroide bis zu ihrer vollständigen Verdampfung beobachtet, ein kohliger Punkt, welcher schließlich unter Lichtentwickelung verbrennt; Dasselbe ist der Fall mit allen kohlenstoffhaltigen Verbindungen, mit Ausnahme des Schwefelkohlen-

[1] Dumas, „Traité de chimie appliquée aux arts", V, 424.

stoffs, welcher Umstand ein Zeichen der großen chemischen Stabilität dieser Verbindung zu sein scheint.

Siebenundsiebzigster Versuch. — Man macht eine halbkugelförmige Silberschale von 20 — 25 Kubikcentimeter Inhalt, 85 Gramm Gewicht und 4 — 5 Millimeter dicken Wänden glühend und gießt 8 — 10 Gramm eines beliebigen Weines hinein. Wenn man an einem dunkeln Orte experimentirt, so bemerkt man dann Folgendes: Der Alkohol des Weines entzündet sich und brennt mit dem ihm eigenthümlichen kaum bemerkbaren Geruch, oder der Alkohol entzündet sich nicht und entwickelt dann eine solche Menge Aldehyd, daß die Wirkung seines Dampfes unerträglich wird. Die letztere Reaction habe ich mit drei Proben eines Weines und die erstere mit zwei andern erhalten. Ich habe einige Gründe zu glauben, daß diese beiden Proben rein, die drei andern dagegen mit Wasser und Alkohol versetzt waren.

Ich empfehle diesen Versuch den Chemikern, welche in weinbauenden Gegenden wohnen, und insbesondere Herrn Fauré in Bordeaux, dem man eine schöne Arbeit über die Weine verdankt; vielleicht werden sie in dieser Reaction ein geeignetes Mittel zur Entdeckung von Verfälschungen finden, denn trotz der entgegenstehenden Meinung des Herrn Professors Gérardin in Rouen ist die Chemie nicht im Stande, zu erkennen, ob irgendein Wein mit Wasser und Alkohol versetzt ist, besonders wenn diese Mischung in gewissen, den Chemikern wohlbekannten Verhältnissen gemacht ist.

Achtundsiebzigster Versuch. — Man läßt sehr reines Aethylchlorür bei einer möglichst niedrigen Temperatur in den sphäroidalen Zustand übergehen und fängt den sich entwickelnden Dampf in Glocken auf, die auf der Innenseite mit einer Auflösung von salpetersaurem Silberoxyd befeuchtet sind. Letztere wird trübe durch die Bildung von Chlorsilber, welches dem in dem Aethylchlorür enthaltenen Chlor entspricht. Es ist einleuchtend, daß die Flüssigkeit in diesem Falle zersetzt und das Chlor freigeworden ist. Vielleicht kann dieser Versuch, wenn er in einem verschlossenen Gefäß und im leeren Raume ausgeführt wird, dazu dienen, das Aethyl zu isoliren, wenn anders das Aethyl existirt.

Neunundsiebzigster Versuch. — Eine Mischung von Schwefelsäure und Alkohol in eine bis zu einer angemessenen Temperatur erhitzte Schale gegossen zeigt, je nach den Verhältnissen der Mischung, ein verschiedenes Verhalten. Siedet dieselbe bei einer niedrigern Temperatur, als zur Zerlegung des Alkohols in Aether und Wasser

erfoderlich ist, so bildet sich kein Aether. Liegt der Siedepunkt der Mischung hingegen höher, als die Aetherbildung erfodert, so bilden sich andere Producte, und das Gemenge nimmt in diesem Falle eine immer dunklere Farbe an. In allen Fällen aber sind die Reactionen nicht so einfach, als man eben gesehen hat; das Product der vereinigten Einwirkung der Säure und der Wärme unterliegt, sobald es sich außerhalb der Attractionssphäre des Sphäroids befindet, neuen Veränderungen, die man sich leicht erklären kann, wenn man sich an das weiter oben Auseinandergesetzte erinnert.

So zeigt sich also eine nach zwei verschiedenen Zeitabschnitten wohl zu unterscheidende Reaction. Im ersten Zeitabschnitte bildet sich ein Product, welches bei der Temperatur des Sphäroids entsteht; im zweiten erzeugt sich eine Verbindung, welche man aus dem ersten Producte erhalten würde, wenn man es in den sphäroidalen Zustand überführte; auch bildet sich fast immer in reichlicher Menge Aldehyd.

Ich halte es nicht für unmöglich, aus dem Alkohol auch ohne Zusatz von Säure Aether darzustellen, wenn man erstern in einem luftfreien Apparate in den sphäroidalen Zustand überführt und die Zersetzungsproducte in geeigneten Gefäßen auffängt. Wie viele interessante Probleme wären dann, wenn sich meine Hoffnungen realisiren sollten, mit einem male gelöst! Berechtigt uns der achtundsiebzigste Versuch nicht, an die Möglichkeit eines solchen Erfolges zu glauben?

Achtzigster Versuch. — Spritzt man in eine auf ungefähr 300° erhitzte Platinschale einige Tropfen eines Gemenges aus Salpetersäure und Alkohol, so erhält man Producte, welche sich mit der Menge der in der Mischung enthaltenen Säure ändern, ja man kann sagen, welche sich continuirlich ändern, da der Alkohol zuerst verdampft, die Mischung sich concentrirt und die Temperatur des Sphäroids stets zunimmt. Auch färbt sich das Gemenge sehr schnell gegen das Ende der Operation, die gewöhnlich mit einer Explosion schließt. In andern Fällen finden theilweise Explosionen statt, infolge deren kleine Sphäroide dasjenige, aus dem sie entstanden sind, umkreisen: dies sind gewissermaßen Satelliten eines kleinen Planeten.

Fügt man aber, anstatt den Versuch, wie eben geschehen, durch alle seine Phasen zu verfolgen, stets soviel Alkohol zu als verdampft, so kann man das Experiment beliebig lange fortsetzen. Was ist das Product dieser Art von Destillation? Wahrscheinlich kein Alkohol, was nur um so merkwürdiger ist.

Ich muß hier bemerken, daß alle diese Versuche mit Säuren und

zusammengesetzten brennbaren Körpern gefahrvoll ist. Es ist daher stets rathsam, sich durch einen Glasschirm zu schützen.

Einundachtzigster Versuch. — Man gießt in eine glühende Schale Ammoniak, welches sofort trübe wird. Im Innern des Sphäroids bildet sich eine große Zahl sehr kleiner Bläschen, welche sich vereinigen, größer werden und an der Oberfläche zerplatzen. Nachher ist die Flüssigkeit klar.

Fast alle Flüssigkeiten, welche Gase aufgelöst enthalten, verhalten sich wie das Ammoniak. Hiermit ist ein sehr gutes Mittel gegeben, um zu erfahren, ob in einer Flüssigkeit ein Gas in Lösung ist.

Taucht man einen an der Spitze glühenden Holzspan in ein solches Ammoniakbläschen, so verlöscht es schnell; und dies hält Jeder für natürlich, da diese Bläschen mit Wasser und Ammoniakdampf gefüllt sind. Zum mindesten ist dies wahrscheinlich, vielleicht auch wahr; dessenungeachtet glaube ich, daß die Bläschen zum größten Theile, wenn nicht ganz mit Ammoniak gefüllt sind. Diese Meinung ist auf den folgenden Versuch gegründet, welcher von Dumas herrührt. Ich war einer der ersten Zeugen desselben, und er hat mich lebhaft interessirt.

Zweiundachtzigster Versuch. — Thenard hatte erkannt, daß Wasserstoffsuperoxyd (eau oxygénée), welches sich im Allgemeinen äußerst leicht zersetzt, nicht detonirt, wenn man es auf eine glühende Fläche gießt; dies wurde als eine Anomalie betrachtet. Gegenwärtig, wo man einige Eigenschaften der Körper im sphäroidalen Zustande kennt, gilt dies als eine ganz gewöhnliche Erscheinung, die nichts Auffallendes hat.

Herr Dumas, von dieser Erfahrung ausgehend, goß Wasserstoffsuperoxyd in eine glühende Schale und es verhielt sich wie Ammoniak; er tauchte mehre male in die sich entwickelnden Bläschen einen glühenden Holzspan, welcher sich stets entzündete und lebhaft brannte. Ist dies nicht ein sehr merkwürdiger Versuch? Beweist er nicht, daß die Bläschen mehr Gas als Dampf enthalten? Er gewinnt ein noch höheres Interesse, wenn man ihn philosophisch auffaßt, und scheint mir sehr geeignet, die Frage zu entscheiden, ob man den Körper richtiger „oxydirtes Wasser" oder „Wasserstoffsuperoxyd" nennen müsse, und ob ihm die Formel $HO + O$ oder HO_2 zu geben sei.

Bisjetzt ist es noch nicht gelungen, diese außerordentliche Verbindung in fester Gestalt zu erhalten, man kann nicht sagen, ob sie krystallisirbar ist; ihre Dichtigkeit ist = 1,452, aber die ihres

Dampfes ist unbekannt; ihr Siedepunkt kann nicht bestimmt werden, weil sie sich beim Erhitzen zersetzt. Diese Zersetzung beginnt bei + 20°; trotzdem kann der Körper im leeren Raume ohne anscheinende Zersetzung destillirt werden. Aber die Dichtigkeit des Destillationsproducts ist nicht bestimmt worden und man weiß nicht, ob dasselbe mit dem Wasserstoffsuperoxyd vor der Zersetzung identisch ist. Endlich läßt sich dies Product nicht über einige Tage aufbewahren, und einige seiner Eigenschaften sind durchaus dieselben, mag es nun das 475, 400, 300, 200, 100 .... 9fache seines Volumen an O enthalten. Bisjetzt ist es noch nicht gelungen, vollkommen reines Wasserstoffsuperoxyd zu erhalten; es enthält stets Spuren von Schwefelsäure.

Viele Metalle in Pulverform, in das Wasserstoffsuperoxyd geworfen, zersetzen es mehr oder weniger lebhaft, und um so heftiger, je feiner vertheilt sie selbst, und je concentrirter die Flüssigkeit ist. Diese Erscheinung ist derjenigen ganz ähnlich, welche die gashaltigen Flüssigkeiten zeigen, wenn man irgendein Pulver in dieselben wirft. So wird durch ein wenig Zucker die Kohlensäureentwickelung aus dem Champagner, dem Selterserwasser u. s. w. beträchtlich verstärkt. Diese Thatsachen sind hinreichend bekannt, nicht aber die Ursache derselben. Ist sie physikalischer, ist sie mechanischer Natur? Man weiß es nicht. Alles was man darüber sagen kann ist, daß sie nicht chemischer Natur ist; aber sie kann es in einigen Fällen bezüglich des Wasserstoffsuperoxyds werden.

Einige Metalle und Metalloide absorbiren einen Theil des Sauerstoffs aus dem Wasserstoffsuperoxyd, andere thun dies nicht.

Von den Oxyden entbinden einige den ganzen Sauerstoff dieses Körpers, ohne sich zu verändern; andere oxydiren sich höher, noch andere endlich werden reducirt: als Silber, Gold, Platin u. s. w.

Ich halte dafür, nach Dem, was eben erwähnt, daß der Sauerstoff im Wasserstoffsuperoxyd zufolge der Affinität, welche die Lösungen bedingt, und nicht derjenigen, welche Verbindungen hervorbringt, gebunden ist; oder mit andern Worten, es ist dies einer von den Körpern, auf welche das Wort des berühmten schwedischen Forschers: Natura non facit saltus, vollkommen anwendbar ist.

Kurz, eine wahre chemische Verbindung muß krystallisirbar oder bei einer unveränderlichen Temperatur ohne Zersetzung flüchtig sein, oder ohne Aenderung andere Verbindungen eingehen. Das Wasserstoffsuperoxyd aber ist nicht krystallisirbar, sein Siedepunkt ist unbekannt, seine Dichtigkeit ist = 1,452, aber die seines Dampfes kennt

man nicht; man hat es nie rein dargestellt und es läßt sich ohne Veränderung nicht längere Zeit hindurch aufbewahren; im sphäroidalen Zustande verhält es sich wie alle Flüssigkeiten, welche Gase aufgelöst enthalten; daher hat dieser Körper weder die Beständigkeit noch die charakteristischen Eigenschaften einer bestimmten Verbindung im strengen Sinne des Wortes, und seine Formel ist $HO + O$, und nicht HO_2, vorausgesetzt, daß nicht neue Analysen die Unrichtigkeit beider Formeln nachweisen.

Indem ich hiermit meine Ansicht über das Wasserstoffsuperoxyd ausgesprochen, bin ich weit entfernt, sie Jemandem aufnöthigen zu wollen, und dieser Körper wird sicherlich einer der interessantesten der neuern Chemie bleiben.

Dreiundachtzigster Versuch. — Ebenfalls ein Versuch Dumas'. Derselbe warf feste Kohlensäure in eine fast ebene Silberschale, machte diese weißglühend, goß dann Wasser und endlich flüssige schweflige Säure hinzu. Bei diesem Versuche zeigen sich die verschiedensten Temperaturen dicht beieinander, und von einem Gleichgewicht der Wärme kann hier nicht füglich die Rede sein.

Die Schale war mindestens auf + 1200° erhitzt; die Temperatur des Wassers war + 96,5°; die der schwefligen Säure = — 10,5°, die der Kohlensäure = — 100°; im Ganzen vier Temperaturen zwischen den Grenzen — 100° und + 1200°. Dieselben sind hierbei nicht direct beobachtet, sondern aus dem Gesetze der Temperatur für die Körper im sphäroidalen Zustande abgeleitet. (S. das Résumé über den ersten Theil am Schlusse des Werkes.)

Vierundachtzigster Versuch. — Ammoniak im sphäroidalen Zustande löst Jod in beträchtlicher Menge, und diese Lösung, welche eine hyacinthrothe Farbe zeigt, hat die Eigenschaft, die Stärke zu bläuen.

Chlorwasserstoff- und Schwefelsäure sind ohne Einwirkung auf die Lösung, so zwar, daß sie dieselbe nicht entfärben und ihr nicht die stärkebläuende Eigenschaft rauben. Salpetersäure jedoch verhält sich anders; sie entfärbt die Flüssigkeit, neutralisirt sie und schlägt das Jod in äußerst fein zertheiltem Zustande nieder.

Die Leichtigkeit, mit welcher sich bei der Berührung von Jod mit Ammoniak Jodstickstoff bildet, ließ mich fürchten, daß sich unter den beschriebenen Umständen dieser Körper wirklich bilden würde. Aber diese Furcht war unbegründet; ich habe den Versuch wol zwanzig mal wiederholt, ohne jemals Jodstickstoff erhalten zu haben. Er bildet sich nur in dem Falle, wenn man die Flüssigkeit mit ungelöstem Jod erkalten läßt.

Die Auflösung des Jod in Ammoniak ist von Erscheinungen begleitet, welche erwähnt zu werden verdienen.

Sobald das Jod mit dem Ammoniak in Berührung kommt, zeigt sich ein gewisses Aufbrausen, ohne daß das Alkali seine ursprüngliche Beschaffenheit verliert; leichte Joddämpfe entweichen allenthalben, die stürmische Bewegung mindert sich mehr und mehr und man bemerkt zahlreiche Ströme, welche sich nach allen Richtungen mit einer Schnelligkeit kreuzen, der das Auge kaum zu folgen vermag. Diese Wirbel verschwinden nach und nach, die Flüssigkeit wird durchsichtig und die Lösung ist vollendet.[1]

Fünfundachtzigster Versuch. — Chlorwasserstoffsäure im sphäroidalen Zustande löst Jod, und es entsteht wie beim Ammoniak eine hyacinthrothe, jedoch blässer gefärbte Flüssigkeit.

Wird derselben eine Auflösung von Kali oder Ammoniak hinzugefügt, so neutralisirt sie sich allmälig, wird plötzlich farblos und besitzt nun nicht mehr die Eigenschaft, die Stärke zu bläuen, wenigstens solange man kein Chlor zusetzt, in welchem Falle die Lösung ihre Farbe sowie ihre stärkebläuende Eigenschaft wiedergewinnt.

Man wolle sich erinnern, daß die Lösung des Jod in Ammoniak durch Chlorwasserstoffsäure nicht entfärbt wird, und damit die eben erwähnte Thatsache vergleichen, daß die Auflösung des Jod in dieser Säure sofort auf Zusatz von Ammoniak ihre Farbe verliert. Ist dies Resultat nicht so bemerkenswerth wie unerwartet?

Noch andere Erscheinungen zeigen sich bei der Lösung des Jods, die ich hier anführen zu müssen glaube.

Von dem Augenblick an, wo das Jod mit der Säure in Berührung kommt, bilden sich große Blasen im Innern der Flüssigkeit und von Zeit zu Zeit sieht man Strahlen von Joddämpfen von dem untern Theile der Säure entweichen, niemals jedoch von irgendeinem höher gelegenen Punkte. Ich habe diese eigenthümliche Erscheinung nur bei der Salzsäure beobachtet.

Verdampft man die Lösung des Jod in Chlorwasserstoffsäure, nachdem sie durch Ammoniak entfärbt und neutralisirt ist, so erhält man eine Salzmasse, von der ein kleiner Theil in absolutem Alkohol löslich ist. Diese alkoholische Lösung, bei gelinder Wärme eingedunstet, gibt kleine, warzenförmige, gelbliche Krystalle. Dieselben ziehen begierig Wasser an und blauen Stärke.

---

[1] S. §. 8, S. 124.

Nach dem vierundachtzigsten Versuch sind Chlorwasserstoff- und Schwefelsäure, wenn sie einer ammoniakalischen Jodlösung hinzugefügt werden, ohne Einwirkung auf dieselbe.

Im fünfundachtzigsten Versuch hingegen sah man eine salzsaure Jodlösung plötzlich durch Zusatz von Ammoniak entfärbt werden und theilweise ihre ursprünglichen Eigenschaften verlieren.

Bezeichnen wir

die Chlorwasserstoffsäure mit . . . . . A
das Jod mit . . . . B
das Ammoniak mit . . . . C,

so kann man die Erscheinung folgendermaßen zusammenfassen.

Läßt man A in den sphäroidalen Zustand übergehen, löst B in A und fügt genug C hinzu, so erhält man eine farblose Verbindung, in der gewisse Eigenschaften von B zerstört sind.

Macht man dagegen C sphäroidal, löst B darin und fügt beliebig viel von A hinzu, so bleibt die Flüssigkeit gefärbt und behält ihre Eigenschaft, die Stärke zu bläuen. Wie man sieht, bewahrt in diesem Falle das Jod alle seine Eigenschaften.

Diese verschiedenen Resultate sind schwer zu erklären; man muß sie eben als Thatsachen hinnehmen.

Uebrigens sind in der Chemie viele analoge Erscheinungen bekannt; ich erinnere nur an das Verhalten der Lösungen von phosphorsaurem Natron und Chlorcalcium zueinander. Gießt man jene tropfenweise zu dieser, so fällt neutraler phosphorsaurer Kalk, während, wenn man die Chlorcalciumlösung tropfenweise der andern Flüssigkeit zusetzt, das Unterphosphat der Knochen resultirt. (Berzelius.)

Sechsundachtzigster Versuch. — Salpetersäure im sphäroidalen Zustande löst ein wenig Jod. Bei dieser Operation entweichen Joddämpfe und sehr dicke weiße Dämpfe, deren Natur mir noch unbekannt ist; aber man kann schließen, daß sie zur Classe der Säuren gehören. Die Farbe der salpetersauren Jodlösung hat sehr große Aehnlichkeit mit der des Kobaltnitrates.

Siebenundachtzigster Versuch. — Es ist bekannt, daß eine durch Jod gebläute Stärkelösung sich entfärbt, wenn man sie auf + 90° erhitzt, und daß sie beim Abkühlen wieder ihre blaue Farbe annimmt, um sich durch Erhitzen abermals zu entfärben u. s. f.

Läßt man diese Flüssigkeit in den sphäroidalen Zustand übergehen, so entfärbt sie sich gleichfalls, jedoch ohne beim Abkühlen wieder blau zu werden, wenn der Versuch einige Zeit gedauert hat. Zusatz von Schwefelsäure und dann Chlor bringt die Farbe ebenfalls

nicht wieder hervor. Der Grund dieser Erscheinung kann entweder in einer Verflüchtigung des Jod oder in einer Umwandlung der Stärke liegen. Ich bin überzeugt, daß erstere, wenn nicht als die einzige, so doch als die hauptsächlichste Ursache anzusehen ist.

Eigenthümlich fällt dieser Versuch aus, wenn man ihn in einer Schale macht, die ein Segment einer Kugel von großem Durchmesser ist. Denn läßt man fünf oder sechs Tropfen der blauen Flüssigkeit in dieselbe fallen und theilt ihnen eine kreisförmige Bewegung mit, so scheint der erste Tropfen fast farblos, während der letzte schön blau bleibt und die Farbe der übrigen sich zwischen beiden abstuft.[1]

Achtundachtzigster Versuch. — Chlorkohlenstoff im sphäroidalen Zustande zersetzt sich, wenigstens zum Theil, denn er hinterläßt Kohle in der Schale; bei einer sehr hohen Temperatur entwickeln sich schön violette, gemischt mit weißen Dämpfen, eine Folge der Verbrennung dieser Verbindung. (War der Körper, der zu diesem Versuch gedient hat, rein?)

Neunundachtzigster Versuch. — Eine filtrirte Eiweißlösung geht sehr leicht in den sphäroidalen Zustand über und wird augenblicklich opak; dasselbe zeigt sich, wenn die Lösung mit Kalkwasser gemischt wird. In beiden Fällen haben die Sphäroide ein wahrhaft sonderbares Aussehen.

Neunzigster Versuch. — Ein Krystall von schwefelsaurem Natron in eine kleine Menge sphäroidalisirten Wassers geworfen, löst sich darin leicht. Ein Stück Eisen stört den sphäroidalen Zustand nicht, ebenso wenig Eis.

Ist jedoch das Stück Eisen lang genug, um sowol die Schale als auch das Wasser zu berühren, so beginnt dies infolge der Wärmemittheilung durch das Metall zu sieden. Beweist dieser Versuch nicht die Nützlichkeit der Metallspitzen, welche ich als Präservativ gegen die Explosionen der Dampfkessel empfohlen habe. (S. Theil 1, §. 7, Ueber Dampfkessel.)

Einundneunzigster Versuch. — Setzt man zu sphäroidalisirter Salpetersäure kleine Stücke von Kampher, so verbrennt ein Theil derselben mit Flamme, der andere löst sich in der Säure, welche sich dadurch stark gelb färbt. Wenn der Kampher gelöst ist, erscheint das Sphäroid homogen; diese Homogenität verschwindet, wenn dasselbe

[1] Alle Versuche mit Jod sind durch Herrn Dorvault in seiner ausgezeichneten Monographie dieses Metalloids (Jodognosie [Paris 1850], I, 8) wiedergegeben.

mit einer kalten Oberfläche berührt wird; dadurch theilt es sich in zwei Theile, in einen leichtern gelben und einen schwerern farblosen. Die chemische Natur dieser Flüssigkeiten habe ich noch nicht näher untersucht.

Die gelbe Farbe und die Homogenität sind dem Beobachter sichtbar, unter welchem Winkel man auch das Sphäroid betrachten möge. Scheint dies nicht zu beweisen, daß die gelbe leichtere Flüssigkeit den ungetrübten schwerern Theil beinahe so einhüllt, wie das Meer, welches einen Theil der Erdkugel überflutet, diese einhüllen würde, wenn nicht die Berge, Thäler und submarinen Abgründe existirten?

Zweiundneunzigster Versuch. — Eine Lösung von salpetersaurem Eisenoxydul wird roth, wenn sie in eine stark erhitzte Schale gegossen wird; Flocken von Eisenoxyd bilden sich zu gleicher Zeit, schwimmen in dem Sphäroid umher und trüben dasselbe.

Dieser Versuch und einige andere beweisen, daß sich die Körper im sphäroidalen Zustande schneller oxydiren als im flüssigen, jedenfalls infolge der steten Erneuerung der Oberfläche, der Temperatur und vielleicht auch einer besondern Molecularwirkung.[1]

Schweflige Säure, welche bei keiner Temperatur Sauerstoff absorbirt, thut dies im sphäroidalen Zustande in Berührung mit feuchter Luft und gibt reichliche Dämpfe von Schwefelsäure.[2] Dieser Umstand hat mich an die Möglichkeit glauben lassen, Schwefelsäure ohne Hülfe von Bleikammern zu fabriciren. Herr Malétra, von Rouen, und ich, wir haben im Jahre 1840 zu diesem Zweck einige Versuche gemacht; aber unerwartete Schwierigkeiten haben uns verhindert, ihnen die Folgen zu geben, welche sie zulassen.

Der eigenthümliche Molecularzustand der sphäroidalisirten Körper ist daher ein sehr gutes Mittel zu Oxydation und Ozonisatin (?).

Dreiundneunzigster Versuch. — Chlorsäure geht leicht in den sphäroidalen Zustand über, sie wird concentrirt und wahrscheinlich höher oxydirt. Darauf werden kleine Sphäroide hier und dahin

---

[1] Völlig neutrales salpetersaures Eisenoxydul läßt sich ohne Zersetzung bis zum Sieden erhitzen. Ist in der Flüssigkeit aber freie Salpetersäure vorhanden, so wird sie unter Entwickelung von Stickstoffoxyd gefärbt und zersetzt, und es entsteht je nach der Menge der freien Säure entweder basisch-salpetersaures Eisenoxyd, welches sich in Flocken ausscheidet, oder eine Lösung von salpetersaurem Eisenoxyd. (Anm. d. Uebers.)

[2] S. das Mémoire sur quelques phénomènes de caléfaction (Evreux 1840), S. 12.

geworfen und bezeichnen ihre Bahn durch einen dicken weißen Rauch, der nach Salpetersäure riecht.

Die nach dem Eintritt dieser Erscheinung gesammelte Säure zeigt folgende Eigenschaften: Sie verlöscht Dinte, entfärbt graues Papier, röthet Sonnenblumentinctur und zerstört sie fast augenblicklich; sie schlägt Kali- und Silbersalze nieder; der Silberniederschlag ist krystallinisch, er löst sich in größerer Menge in destillirtem Wasser, woraus er beim Erkalten krystallisirt.

Vor dem Löthrohr auf Kohle behandelt schmilzt dies Salz nach Art der Chlorate und zersetzt sich gänzlich, während das Silber auf der Kohle zurückbleibt.

Ob die Säure aus einem Gemenge von Ueberchlorsäure und Chlor resultirt, oder eine neue Oxydationsstufe des Chlors ist, wage ich für jetzt nicht zu entscheiden. Indessen bin ich sehr geneigt, das Letztere zu glauben.

Vierundneunzigster Versuch. — Wir haben erwähnt, daß die Flüssigkeiten, welche Gase in Lösung halten, zuerst diese entweichen lassen, und daß alsdann die Verdampfung fortschreitet, wie wenn das Lösungsmittel rein ist. Wir haben gleichfalls gesagt, daß es von dieser Regel Ausnahmen gäbe (einundachtzigster Versuch). Folgendes ist eine solche, die ich der Aufmerksamkeit der Chemiker empfehle.

Chlorwasserstoffsäure verdampft im sphäroidalen Zustande, ohne daß eine Blase entwiche, was zu beweisen scheint, entweder daß sich die Säure concentrirt, oder daß sie ohne Aenderung verdampft. Sollte man hiernach nicht vermuthen, daß die Chlorwasserstoffsäure und das Wasser eine bestimmte Verbindung bilden? daß ein Hydrochlorat des Wassers existirt, wie es ein Sulphat dieser Base gibt? Nach Baudrimont gibt es keine wasserfreien Säuren; dürfte aber dann nach dem System dieses gelehrten Chemikers das Wasserstoffchlorür als Säure betrachtet werden?

Jeder wird einsehen, daß hier quantitative Untersuchungen erfoderlich sind, welche allein einiges Licht auf diese schwierigen Fragen werfen können.

Fünfundneunzigster Versuch. — Die flüchtigen Oele im sphäroidalen Zustande verhalten sich alle auf die gleiche Weise, so zwar, daß der Kohlenstoffgehalt im Sphäroid stets wächst. Die Producte, welche sich verflüchtigen, sind untereinander so verschieden wie die Oele selbst. Man begreift, daß ein sauerstoffhaltiges Oel andere Zersetzungsproducte geben muß als ein Kohlenwasserstoff.

Ich will hier nur den Versuch beschreiben, den ich mit Terpen-

tinöl angestellt habe, und gedenke auf jedes der übrigen Oele zurückzukommen, wenn ich die Studien der einzelnen Körper im sphäroidalen Zustande wiederaufnehme.

Läßt man Terpentinöl bei möglichst niedriger Temperatur in den sphäroidalen Zustand übergehen, so verflüchtigt es sich langsam, ohne sichtbare Dämpfe zu geben, und färbt sich nach und nach aus dem Hellgelben bis ins Braune. Jetzt werden die Dämpfe sichtbar, sie enthalten Ruß suspendirt; die Farbe des Oels wird immer dunkler, endlich schwarz; es beginnt zu sieden, breitet sich auf der Schale aus und bildet dort einen schwarzen Firniß, der sehr reich an Kohle ist, aber auch noch Oel enthält: eine künstliche Steinkohle.

Herr Bouchardat, welcher nach der Methode von Biot eine gründliche Untersuchung über das Drehungsvermögen der Terpentine und ihrer Oele angestellt hat, hat große Differenzen in der Ablenkung der Strahlen des polarisirten Lichts gefunden; er schreibt dies einem eigenthümlichen Molecularzustande zu und betrachtet alle Terpentinarten als isomer. „Man kann", sagt er, „eine unendliche Zahl isomerer Modificationen einer Substanz von bestimmter Zusammensetzung annehmen." [1]

Diese Ansicht von Bouchardat ist im Princip richtig, aber ich kann in diesem speciellen Falle nicht seiner Meinung sein, sondern glaube vielmehr, behaupten zu können, daß Terpentinöl, welches über Ziegelmehl destillirt worden, reicher an Wasserstoff und ärmer an Kohlenstoff ist, als dasselbe Oel vor der Destillation, und daß man die Kohle im Ziegelmehl wiederfindet wie in dem Versuche, welchen ich eben beschrieben habe.

Hiernach kann die Differenz im Rotationsvermögen der beiden Oele nichts Ueberraschendes mehr haben, da dieselbe zwar gleiche Elemente, diese aber in verschiedenen Proportionen enthält. (S. den siebenunddreißigsten Versuch.)

Zur Unterstützung des Gesagten füge ich hinzu, daß ich durch Auffangung der Destillationsproducte von Terpentinöl im sphäroidalen Zustande einen Körper erhalten habe, welcher mit dem von Herrn Bouchardat beschriebenen vollkommen identisch ist.

Naphtha und Steinöl verhalten sich genau sowie Terpentinöl.

Der Theil, welcher sich zuerst verflüchtigt, ist an Wasserstoff reicher, wodurch der Kohlenstoffgehalt im Sphäroid steigt und dessen Siedepunkt sich erhöht, sodaß ein Moment eintritt, wo die Temperatur

[1] Journal des connaissances médicales, Juli 1845.

der Schale nicht mehr hoch genug ist, um das an Wasserstoff ärmere Oel im sphäroidalen Zustande zu erhalten; dasselbe breitet sich in der Schale aus, wie bereits oben beschrieben (s. den sechsten Versuch). Man könnte für einen Augenblick durch Temperaturerhöhung den Uebergang des Sphäroids in den flüssigen Zustand verzögern; aber dann würden sich die entweichenden Dämpfe entzünden und die gewöhnliche Verbrennung eintreten.

Sechsundneunzigster Versuch. — Im einunddreißigsten und zweiunddreißigsten Versuch ist gezeigt worden, daß Salpetersäure ohne Einwirkung auf Silber und Kupfer ist, was ohne Zweifel als eine Folge der Repulsionskraft angesehen werden mußte, welche durch die Wärme in der Materie erzeugt wird, und die Säure außerhalb ihrer chemischen Wirkungssphäre erhält. Dies aber ist mit dem Dampfe, der sich aus der Salpetersäure entwickelt, nicht der Fall, und obwol er das glühende Metall nicht benetzt, zersetzt er sich in verschiedene Producte, welche wahrscheinlich die ganze Oxydationsreihe des Stickstoffes umfassen.

Diese Versuche müssen in einem Tiegel und nicht in einer Schale von Platin gemacht werden.

Ich hoffe, vielleicht mit Unrecht, mittels dieser eigenthümlichen Wärmeeinwirkung die hypothetische Säure N_2O_7 zu erhalten. Wenn meine Vermuthungen sich durch entscheidende Versuche bestätigen sollten, so werde ich nicht verabsäumen, darüber zu berichten. (S. den sechsundzwanzigsten Versuch.)

Siebenundneunzigster Versuch. — Das Naphthalin verhält sich wie die flüssigen Kohlenwasserstoffe. Es entweicht zuerst eine sehr wasserstoffreiche Verbindung, dann andere, die immer reicher an Kohlenstoff werden. Die Dämpfe sind stark mit Ruß geschwängert, das Sphäroid färbt sich mehr und mehr, und endlich bleibt in der Schale ein kohliger Punkt zurück, welcher unter Lichtentwickelung verbrennt.

Achtundneunzigster Versuch. — Benzoesäure gibt sogleich sichtbare Dämpfe und scheint sich ohne Aenderung zu verflüchtigen. Indessen ist dies nicht der Fall, denn wenn man sie über eine kalte Glasfläche gießt, so bildet sie gelbliche durchsichtige Tafeln.

Neunundneunzigster Versuch. — Schüttet man gepulverte Citronensäure in eine rothglühende Schale, so entwickeln sich weiße, mehr oder weniger opake Dämpfe, je nach der Menge des in der Säure enthaltenen Wassers. Wenn man, sobald sich die Dämpfe zeigen, die geschmolzene Substanz in ein Glas oder eine Schale gießt,

so erhält man eine kanariengelbe Masse, welche wenigstens einen Abkömmling der Citronensäure enthält.

Hundertster Versuch. — Bittermandelöl im sphäroidalen Zustande zersetzt sich und erzeugt weiße, saure Dämpfe. Diese sind wahrscheinlich nur Benzoesäure.

Bei einer höhern Temperatur entzündet sich das Oel und läßt beträchtliche Mengen einer schwer verbrennlichen Kohle auf den Wänden des Tiegels zurück.

Ich beschließe hiermit diese Präliminarversuche. Man könnte sie noch bedeutend vermehren: aber die mitgetheilten sind, wie mir scheint, zahlreich genug, um zu zeigen, welche Erfolge die Chemiker mit Hülfe dieser neuen Art zu experimentiren erzielen können; jedenfalls werden sie ebenso neue wie unerwartete Resultate erlangen.

Anwendungen.

Herr Chambert hat die Idee gehabt, das Wasser im sphäroidalen Zustande zur Verbrennung der organischen Substanzen zu benutzen, welche in den Salzrückständen von der Verdampfung des Urins enthalten sind. „Diese Art der Verbrennung", sagt er, „ist sehr passend, und wenn man sie nur einigermaßen zu handhaben weiß, so kann man in Verbindung mit der von mir angegebenen Verdampfungsmethode in ein und einer halben Stunde die Salze aus einer organischen Flüssigkeit vollkommen frei von jeder kohligen Verunreinigung erhalten." [1]

Ich habe früher zwei andere Anwendungen der Eigenschaften, welche die Materie im sphäroidalen Zustande zeigt, angegeben: die eine behufs der Analyse eines mikroskopischen Blutfleckens [2], die andere zum Zweck der Analyse des Fleckens, welcher bei der Marsh'schen Probe erzeugt wird. [3]

Die Analyse eines einzigen Fleckens ist nach den alten Methoden fast unmöglich, sehr leicht jedoch, wenn man folgendes Verfahren anwendet.

Man befeuchtet mit sehr verdünnter Salpetersäure, verwandelt dann durch einen Strom Schwefelwasserstoffgas in Schwefelmetall, löst den Flecken in 1 Gramm Ammoniak und gießt dies in eine fast ebene rothglühende Platinschale. Die Lösung geht sofort in den

---

[1] Comptes rendus de l'Académie des sciences, Sitzung vom 2. Jan. 1845.
[2] Annales d'hygiène et de médicine légale, April 1844.
[3] Comptes rendus de l'Ac. des sc., Sitzung vom 10. Nov. 1845.

sphäroidalen Zustand über und concentrirt sich sehr langsam. Wenn der Tropfen die Größe einer kleinen Erbse erlangt hat, berührt man ihn mit einem in Salzsäure getauchten Stäbchen, wodurch derselbe, wenn er Arsen enthält, plötzlich gelb wird. Ein Tropfen Ammoniak macht ihn wieder farblos, und Salzsäure abermals gelb. Diese abwechselnden Färbungen und Entfärbungen können beliebig oft wiederholt werden und sind ausschließlich bei Schwefelarsen möglich.

Man beendigt die Operation durch Zusatz von 0,05 Gramm kohlensauren Natrons, entfernt die Lampe und stellt die Schale auf eine Metallplatte; sie erkaltet schnell, das Sphäroid benetzt die Wand und trocknet sogleich. Man sammelt die Salzmasse sorgfältig und wirft sie auf eine große glühende Kohle. Neigt man jetzt den Kopf auf 20 — 30 Centimeter über die Kohle, so bemerkt man den Knoblauchsgeruch des Arsens. Jetzt ist jeder Zweifel daran beseitigt, daß der Flecken arsenhaltig war.

Dieser letztere Versuch muß in einem geschlossenen Raume angestellt werden, damit nicht durch einen Luftzug die Arsendämpfe verweht werden.

Ueberall, wo nur geringe Mengen von Substanz zur Analyse vorliegen, bietet der sphäroidale Zustand wirklichen Vortheil, vorzüglich, wenn es sich darum handelt, über die Farbe zu urtheilen. Denn im sphäroidalen Zustande ist die Materie der Einwirkung der Schwerkraft entgegen, sie ist gewissermaßen isolirt in ihrer Atmosphäre und Nichts kann ihre Nüancen alteriren, die so veränderlich sind, wenn man sie durch die Wände einer Röhre betrachtet.

Dies analytische Verfahren ist durch die Toxikologen anerkannt worden und hauptsächlich durch Orfila, der mir die Ehre erwies, mich zu einer Wiederholung des Versuchs in seinen Vorlesungen an der École de médecine einzuladen. Der Professor Galtier empfiehlt ebenfalls das Verfahren.

Man kann durch eine Auflösung in Wasser nachweisen, ob ein rother Flecken von einem Millimeter Durchmesser aus Blut besteht. Dies sehr einfache Verfahren ist in gleicher Weise von den bedeutendsten Toxikologen: Orfila, Devergie, Galtier, Gaultier de Claubry u. s. w. u. s. w., anerkannt worden. (S. die Beschreibung der Operation in den Annales d'hygiène et de médecine légale, April 1844.)

Im ersten Theile dieses Werkes unter der Rubrik: Neues System der Dampfkessel, ist erwähnt, daß ich seit dem Jahre 1842 die Anwendung des überhitzten Wasserdampfes (Wasser im sphäroi-

dalen Zustande) als bewegende Kraft empfohlen habe. Ein wenig später schlug ich den gleichzeitigen Gebrauch von gesättigtem und überhitztem Dampfe vor. (S. die Note auf S. 92.)

Folgendes sind einige Auszüge aus der ersten im Jahre 1842 veröffentlichten Auflage dieses Werkes, welche zeigen, daß die in dieser kleinen Schrift enthaltenen Versuche und ausgesprochenen Ideen nicht ohne Prüfung verworfen werden sollten.

Dampfheizung.

„Es geht aus den vorhergehenden Versuchen, namentlich aber aus dem zweiundfunfzigsten und denen, die ihm folgen, hervor, daß bei den Körpern im sphäroidalen Zustande ein Gleichgewicht der Wärme und Spannung unmöglich ist. Gesteht man dies zu, so erkennt man leicht die Vortheile, die man in Beziehung auf Dampfheizung von diesen Eigenschaften ziehen kann."

Kochkunst.[1]

„Brillat=Savarin, geistreichen und gastronomischen Angedenkens, würde sich köstlich über die Idee amüsirt haben, ein mit Trüffeln gefülltes Rebhuhn durch Wasserdampf, und zwar in einem ebenso einfachen Apparate, als ein gewöhnlicher Topf ist, zu braten.

„Jetzt ist man dahin gelangt, in überhitztem Wasserdampfe Holz zu braten, das heißt es zu verkohlen."

Chemie.

„Es ist schwer, die Grenzen zu bezeichnen, welche die Experimentatoren durch Betretung der ihnen neuerdings eröffneten Wege erreichen können. Ich will hier nicht Das wiederholen, was ich über die Erhitzung als chemisches Agens gesagt habe, und verweise auf das bei Gelegenheit des vierzehnten Vorschlags Erwähnte. Es sei hier nur auf die Möglichkeit anderer Anwendungen aufmerksam gemacht.

„Bisjetzt war es nur durch Anwendung zwar hinreichend einfacher, aber hermetisch verschlossener und ziemlich theurer Apparate möglich, Wasserdampf von einer hohen Temperatur auf die Körper einwirken zu lassen. Solche Apparate standen den meisten Experimenta=

[1] Die Küchenchemie bildet einen sehr umfangreichen Abschnitt in der Chemie von Fourcroy, der ein berühmter akademischer Lehrer war.

toren nicht zugebote, ihr Gebrauch war nicht ohne Gefahr, und endlich konnte man nicht beobachten, was im Innern der Apparate vorging; ohne Zweifel ein Hinderniß für manche Entdeckung.

„Jetzt existirt dieses Hinderniß nicht mehr.

„Denn mit Hülfe eines Cylinders, wie der eben beschriebene ist, kann man alle Körper bei jeder beliebigen Temperatur der Einwirkung des Wasserdampfes aussetzen, alle Veränderungen, denen sie unterliegen können, beobachten, und sie sofort der Einwirkung des Dampfes und der Wärme entziehen, sobald sich die Nothwendigkeit herausstellt.

„Wer kann die Erfolge dieser Verfahrungsweise angeben? Wer kann voraussehen, welche Veränderungen gewisse Harze und Fette, das Gummi, die Stärke, der Zucker, überhaupt alle organischen Substanzen erleiden? wer endlich weiß vorherzusagen, wie sich die für unlöslich oder fast unlöslich gehaltenen anorganischen Verbindungen, der kohlensaure Kalk und Baryt, die schwefelsauren Salze dieser Basen, die Kieselsäure und viele andere Körper, die so häufig in der Natur vorkommen, verhalten werden?

„Wenn man solche Versuche im Großen anstellt, so kann man die Elemente unter dem Einflusse von Temperaturen beobachten, denen sie zu einer Zeit ausgesetzt waren, wo die noch wenig dicke und heiße Erdrinde gewisse Körper im dampfförmigen Zustande erhielt, welche jetzt fest oder flüssig sind; zu diesen gehören ohne Zweifel der Schwefel, das Wasser, das Quecksilber und viele andere.

„Es bietet sich ferner eine neue Methode der Destillation, der Concentration und zuweilen auch der Analyse dar."

Jetzt spaltet und destillirt man die zur Fabrikation von Lichtern bestimmten Fette durch überhitzten Wasserdampf, brennt durch dasselbe Mittel den Gyps u. s. w. u. s. w.

Dritter Theil.

Theorie.

„Ich bin ein Mann des Laboratoriums,
aber keineswegs ein Schriftsteller."
Erste Auflage.

Ich glaube auf dem experimentellen Wege weit und lange genug vorgeschritten zu sein, um jetzt auf ein anderes Gebiet überzugehen, wobei ich versuchen werde, mich vor Verirrungen möglichst zu bewahren. Zahlreiche Landmarken, genügend vervielfältigte Wegweiser und ein hinreichend geebnetes Terrain laden uns ein, das Feld der Theorie zu betreten; was mich betrifft, so bin ich, obwol ich dasselbe eröffnet habe, dennoch überzeugt, daß ich darauf zahlreichen, fast unüberwindlichen Schwierigkeiten begegnen werde. Möchten mir diese bei den Lesern Nachsicht verschaffen!

Einer der ersten Punkte, welche ich zu erörtern haben werde, ist der, ob die Sphäroide durch eine Dampfschicht getragen, oder ob sie durch eine Repulsivkraft abgestoßen werden, deren eigentliche Natur unbekannt ist, deren Ursache jedoch in der Wärme liegt; und ferner, ob diese Phänomene durch die jetzt als gültig angenommenen Gesetze der Wärme erklärt werden können, oder ob die Theorien derselben ungenau und ungenügend sind.

§. 1. Werden die Sphäroide durch eine Dampfschicht getragen, oder durch eine Repulsionskraft, deren Ursache die Wärme ist, außerhalb der chemischen Wirkungssphäre gehalten?

Die Physiker sind in Beziehung auf diesen Punkt sehr verschiedener Meinung. Die Einen glauben, daß die fraglichen Sphäroide

durch eine Dampfunterlage gehoben, Andere nehmen an, daß sie durch eine Repulsionskraft, welche die Wärme in den festen und flüssigen Körpern erzeugt, in einer gewissen Entfernung gehalten werden. Was mich betrifft, so war ich immer und bin noch der letztern Ansicht.

Die Grundlagen, auf denen diese Ansicht beruht, sind folgende:

Wird die Dichtigkeit der Luft als Einheit angenommen, so ist die des Wasserdampfes von 100° = 0,6235, oder ein wenig mehr als die Hälfte von der der Luft.

Schon aus dieser einzigen Vergleichung können wir schließen, daß das Wasser im sphäroidalen Zustande nicht durch seinen Dampf getragen werden kann, und daß es infolge einer Repulsionskraft, deren eigentliche Natur unbekannt ist und es vielleicht immer bleiben wird, in einer gewissen Entfernung von der heißen Oberfläche gehalten wird.

Wenn sich die Sache anders verhielte, so müßten, so oft man einige Tropfen Wasser in eine Schale fallen ließe, dieselben in den sphäroidalen Zustand übergehen, unterstützt durch eine Unterlage von Luft, deren Dichtigkeit fast doppelt so groß ist als die des Wasserdampfes; und dem ist nicht so. Das Wasser benetzt immer ein kaltes Gefäß und niemals ein stark genug erhitztes; daher kann die Luft nicht einen Wassertropfen tragen, dessen specifisches Gewicht in runden Zahlen 770 mal so groß ist; daher kann noch weniger der Wasserdampf einen Tropfen schwebend erhalten, dessen specifisches Gemisch das seinige um das 1234fache übertrifft. Diese Zahlen müssen Jeden überzeugen; sie beruhen auf folgenden Daten:

Dichtigkeit der Luft	=	1,0000
= des Dampfes bis + 100° . .	=	0,6235
Gewicht eines Litre Luft von 0°	=	1,2991
= = = Dampf von 0° . . .	=	0,8100
= = = Wassers von 0° . .	=	1000,0000.

Dies ist jedoch nicht Alles. Wenn man eine gewisse Quantität Wasser in eine weißglühende Schale gießt, so wird die geringe Menge Dampf, der auf eine Temperatur von 1500° erhitzt ist, beträchtlich ausgedehnt und seine Dichtigkeit ganz außerordentlich vermindert. Man kann daher unmöglich annehmen, daß ein solcher Dampf die Sphäroide zu tragen vermag.

Wenn man sich des zweiundsechzigsten Versuchs erinnert, so kann man schwer begreifen, warum der Dampf frei durch die Löcher der Schale oder des Metallnetzes oder die Zwischenräume der Spirale entweichen sollte, ohne daß das Wasser, der Alkohol, der Aether, das Jod eben dahin durchflössen, wenn nicht von der einen Seite eine

Repulsionskraft der Metallfläche, und von der andern eine Attractionskraft zwischen den Moleculen des Wassers bestände.

Im siebenundfunfzigsten Versuch hat man Wasser aus einer Höhe von 70 Meter oder von den Wolken herabfallen und genau so in den sphäroidalen Zustand übergehen sehen, wie wenn es einige Millimeter hoch herniederfällt. Die Hagelkörner verhalten sich wie die Regentropfen. Es scheint mir, als müßte das Wasser oder der Hagel, der mit einer beträchtlichen Geschwindigkeit in die Schale fällt, diese leichte Dampfschicht durchbrechen; indessen geschieht dies nicht, denn die Schale wird nicht benetzt und das Wasser wie der Hagel gehen in den sphäroidalen Zustand über.

Wenn man ein Stück Eis in eine glühende Schale wirft, so schwimmt es auf der Oberfläche derselben umher und schmilzt, jedoch ohne die Schale zu benetzen. Kann man sagen, daß das Eis gleich von Anfang an durch die Dampfatmosphäre, welche es einhüllt, getragen wird? Bei 0° entwickelt das Wasser äußerst wenig Dampf, und wahrlich man müßte diesem eine bedeutende Elasticität zuschreiben, um zu begreifen, wie er ein Stück Eis tragen sollte.

Um sich eine klare Idee von der geringen Spannung des Dampfes von sphäroidalisirtem Wasser zu machen, darf man nur daran denken, daß in diesem Zustande das Wasser in einer auf 200° erhitzten Schale 50 mal langsamer verdampft als beim Sieden, oder mit andern Worten, das Wasser im sphäroidalen Zustande 50 mal weniger Dampf gibt als siedendes. Setzt man nun aber dies Wasser im sphäroidalen Zustande unter die Glocke der Luftpumpe, nachdem man genügende Vorbereitungen zur Absorption des Dampfes getroffen hat, so kann man wirklich sagen, daß letzterer gänzlich verschwindet: und dennoch bleibt das Wasser in demselben Zustande. (S. den achtzehnten Versuch.) Der Versuch mit Jod ist nicht weniger entscheidend.

Ich könnte diese Discussion jetzt beschließen, denn die Beweise gegen die Meinung, nach welcher die Sphäroide durch eine Dampfschicht und nicht infolge einer Repulsionskraft der glühenden Fläche getragen wird, scheinen mir entscheidend zu sein. Aber es genügt nicht, daß ich selbst von der Existenz einer solchen Repulsionskraft überzeugt bin: die Ueberzeugung muß auch Andere durchdringen, die Existenz dieser Kraft muß für alle Welt eine Wahrheit werden, so rein und klar, wie ein Tropfen Wasser im sphäroidalen Zustande.

Daher will ich in der Herbeiziehung beweisender Thatsachen fortfahren.

Ein eiförmiges Stück Silber oder Platin von der Größe eines

Taubeneies, zur Weißglut erhitzt und in Wasser gesenkt, verursacht kein Geräusch, und es ist leicht, sich durch den Augenschein zu überzeugen, daß keine Berührung zwischen dem Wasser und dem glühenden Körper stattfindet, und daß das Wasser von demselben in gewisser Entfernung gehalten wird. Kann man in diesem Falle sagen, daß der Dampf das Wasser zurückstieße? Sicherlich nicht. Die Metallmasse gibt keinen Dampf, dies kann nicht bestritten werden, und doch entfernt sich das Wasser mit einer Schnelligkeit, die ich als unendlich betrachte. Man kann den Körper mehre male hintereinander aus der Flüssigkeit erheben und hineinsenken, und die Erscheinung wiederholt sich immer in derselben Manier. Endlich aber kommt ein Augenblick, wo die Berührung erfolgt, ein leises Brausen wird hörbar und die Hand fühlt eine ziemlich starke Erschütterung; jetzt scheint es, als träte die innere Wärme des Metalls plötzlich an die Oberfläche, und das Wasser wird von neuem abgestoßen. Diese Stöße wiederholen sich zwei oder drei mal, dann wird das Metall benetzt und das Wasser siedet lebhaft. (S. den achtunddreißigsten Versuch.)

Dieser Versuch muß in einem kegelförmigen Glase angestellt werden; der Stoß ist so plötzlich und so heftig, daß ein cylindrisches Glas fast immer zerbricht. Das letzte mal, als ich denselben nebst mehren andern ausführte, es war in London im Laboratorium des Doctor Miller in King's-College, tauchte ich das Metall in ein großes cylinderförmiges Glas, und die Erscheinung trat ein, wie sie eben beschrieben, aber beim letzten Stoße wurde das Glas zertrümmert.

Dieser sehr einfache Versuch wird, wie ich hoffe, werthvolle Anhaltepunkte liefern, um die Repulsionskraft glühender Körper zu messen. Es wird genügen, das eiförmige Metallstück auf eine gegebene Temperatur zu erhitzen und es in eine immer höhere Wassersäule zu senken. Man notirt die Höhe der Wassersäule über dem Metall in dem Augenblick, wo es benetzt wird, und eine einfache Rechnung wird dann zum Maße der Repulsionskraft führen.

Noch ein Wort über diesen Versuch.

Müßte der Wasserdampf, sobald er sich bildete, nicht sofort absorbirt und an Stelle der Ruhe und Unbeweglichkeit der Wassermolecule, die man beobachtet, nicht dasselbe eigenthümliche Geräusch hörbar werden, welches das Sieden charakterisirt? [1] Um es noch

[1] Diese Unbeweglichkeit ist nur scheinbar und durch die Abwesenheit von Dampfblasen charakterisirt; aufsteigende Ströme von heißem und absteigende von kaltem Wasser finden in der Flüssigkeit statt und geben der Ober-

einmal zu sagen: Das Wasser wird durch die glühende Oberfläche mit einer Schnelligkeit abgestoßen, welche sozusagen nur mit der verglichen werden kann, mit der die Attraction oder Repulsion wirkt; es ist daher eine gewisse durch den Einfluß der Wärme erregte Kraft, welche das Wasser von der festen Oberfläche zurückstößt.

Hunderterster Versuch. — Fünf Gramm destillirten Wassers verdampfen im sphäroidalen Zustande in einer fast ebenen auf ungefähr + 300° erhitzten Silberschale in 11 Minuten; daher werden in 1 Secunde 7,5 Milligramm Wasser in Dampf verwandelt. Da sich aber dieser Dampf auf allen Punkten der Oberfläche entwickelt, so darf man nur den in Rechnung ziehen, welcher am untern Theile des Ellipsoids entsteht, denn der vom obern Theile ausgehende kann nicht zur Suspension des Tropfens beitragen; man hat somit 0,00375 Gramm. Diese geringe Menge Dampf sollte genug Elasticität besitzen, um 5 Gramm Wasser zu tragen! Dies kann nicht angenommen werden, und sicher wird Niemand eine solche Annahme stellen.[1]

Im siebzigsten Versuch sahen wir die Unmöglichkeit, eine sehr dünne Schale mit sphäroidalem Wasser zu füllen. Dies finden die Vertheidiger der Ansicht, nach welcher der Wasserdampf der Träger der Sphäroide ist, sehr natürlich, da das Wasser sich nur auf Kosten der Temperatur der Schale erhitzen könne und diese sich daher sehr schnell abkühlen müsse, was den Contact bewirke. Aber wenn man siedendes Wasser anwendet und auch damit die Schale nicht zu füllen vermag, so verliert dieser Einwand seine Kraft; und man vermag es in der That nicht. Es ist daher einleuchtend, daß die Masse der Schale oder die Summe der materiellen Punkte auf den Eintritt dieses Phänomens von Einfluß ist.

Hundertzweiter Versuch. — Eine halbkugelförmige Silberschale, 0,05 Meter im Durchmesser, 46 Gramm schwer, rothglühend und 20 Gramm Wasser im sphäroidalen Zustande enthaltend, wird in einen kleinen Korb von Eisendraht gesetzt; man befestigt denselben an einem Draht von demselben Metall, 0,80 Meter lang, und schwingt das Ganze kräftig im Kreise herum.

---

fläche eine convexe Form. Man muß sich erinnern, daß Wasser im sphäroidalen Zustande fast augenblicklich bis nahe zu seinem Siedepunkte erhitzt wird.

[1] Diese Rechnung ist nur eine grobe Annäherung. Man begreift leicht, daß sich im Anfange des Versuchs mehr Dampf bildet als gegen das Ende.

Man kann leicht in der Secunde 3 — 5, durchschnittlich 4 Umdrehungen vollenden.

Die Berührung zwischen Wasser und Schale, welche infolge der Centrifugalkraft sofort stattfinden müßte, erfolgt nicht eher, als bis die Schale genügend abgekühlt ist.

Man erkennt die Berührung an einem eigenthümlichen Geräusch und an der Erscheinung eines Dampfkreises, welcher den von der Schale durchlaufenen Weg bezeichnet. Dieser Versuch ist schon in Gegenwart mehrer berühmter Gelehrten angestellt worden, unter denen sich die Herren Wheatstone, Dumas, Payen, Balard, Barruel u. s. w. befanden. Nimmt man statt Silber und Wasser Platin und Jod, so ist das Experiment sehr brillant.

Bei diesem Versuche ist die Centrifugalkraft sehr bedeutend und doch erfolgt keine Berührung; daher muß die Ursache der Suspension anderswo als in der höchst geringen Dampfmenge liegen, deren Elasticität sofort durch die Centrifugalkraft überwunden werden müßte.

Es ist mit Hülfe der Elemente, welche ich weiter oben gegeben habe, leicht, sich von dem Druck, welchen das Wasser auf die Wand der Schale ausübt, eine Vorstellung zu machen.

Dieser Versuch, der ebenso einfach als leicht zu wiederholen ist, scheint mir durchaus geeignet, die Ansicht der oben genannten Physiker zu unterstützen, nach welcher der Dampf für die Suspension des Sphäroids gänzlich ohne Bedeutung ist.[1]

Ich erwähnte, daß in diesem Falle die Centrifugalkraft sehr bedeutend ist. Dieser Druck berechnet sich nach der Formel für die Centrifugalkraft wie folgt:

$$F = \frac{Pv^2}{gr} = \frac{mv^2}{r} = 1030 = 1{,}030 \text{ Kilogramm.}^{2}$$

In Beziehung auf das Resultat des hundertersten Versuchs müßte also ein und ein halber Centigramm Wasserdampf einer Kraft von einem Kilogramm und dreißig Gramm das Gleichgewicht halten! Das heißt, eine freie Dampfschicht müßte eine Wassermasse tragen, deren Gewicht achtundachtzig tausend sechshundert sechs und sechzig mal so groß wäre als ihr eigenes.[3] Dies

[1] S. den zweiundsechzigsten Versuch und den Bericht des Herrn Babinet.

[2] P = 20 Gramm, $g = 9{,}81$ Meter, $r = 0{,}80$ Meter; die Dauer einer Umdrehung $= \frac{1}{4}$ Secunde, also $v^2 = (2\pi r + 4)^2$.

[3] Im hundertersten Versuch gaben 5 Gramm Wasser in 1 Secunde im Mittel 0,0075 Gramm Dampf; im hundertzweiten Versuch haben wir 20 Gramm

wäre denn doch eine sehr außerordentliche statische oder dynamische Wirkung, welche durchaus mit der Ursache in keinem Verhältnisse stände.

Betrachten wir jedoch diesen Versuch nur während der Dauer eines Augenblicks. Es ist klar, daß dadurch die Centrifugalkraft sich nicht ändert, daß sie constant ist; die Menge des Dampfes indessen, welche sich in einer so kurzen Zeit bildet, wird verschwindend klein werden. Denn der Dampf, welcher während einer Secunde wirkt, ist $= 0{,}015$ Gramm, daher während einer Umdrehung $= \frac{0{,}015}{4} = 0{,}004$ in runden Zahlen und während einer zehntel Umdrehung $= 0{,}0004$ Gramm. Daher kann die Kraft, welche der Centrifugalkraft das Gleichgewicht hält, nicht im Dampfe liegen, sondern im Metall, wo eine ihrer eigentlichen Natur nach unbekannte Repulsionskraft durch die Wärme erzeugt worden ist.

„Ich begreife nicht, wie man sich im Ernste bei einer solchen Erklärung beruhigen kann (durch die statische oder dynamische Wirkung des Dampfes).

„Wie kann man glauben, daß der Wasserdampf, dessen Dichtigkeit so gering ist, eine flüssige Masse zu tragen und sie der Einwirkung der Schwere zu entziehen vermöge? Kann man sagen, daß die Suspension durch die nach oben wirkende Kraft des Dampfes hervorgebracht werde? Ist doch ein Dampfstrahl, wie er aus einem Kessel, in dem er zusammengepreßt war, mit so großer Schnelligkeit entweicht, nicht im Stande, eine gleiche Masse in einer constanten Entfernung zu erhalten. Man würde noch mit mehr Recht der erhitzten Luft eine derartige Eigenschaft zuschreiben können; denn ihre Dichtigkeit ist beträchtlicher, und es würde daraus folgen, daß feste wenig dichte Körper von geringem Volumen von einer sehr stark erhitzten Oberfläche auf eine bestimmte Entfernung abgestoßen werden und, wie die Flüssigkeiten, durch die unaufhörliche Aufeinanderfolge aufsteigender Luftströme, Rotationsbewegungen zeigen könnten.

„Solches wären die Consequenzen dieser Hypothesen; ihre Falschheit ist so einleuchtend, daß ich sie nicht länger durchsprechen will.“ [1]

Wasser, daher im Mittel $0{,}0075 \times 4 = 0{,}030$ Gramm Dampf in 1 Secunde; da nun der Dampf, welcher sich auf der obern Hälfte der Oberfläche bildet, nicht in Rechnung gezogen werden darf, so bleiben nur 0,015 Gramm, und $\frac{1030{,}000}{0{,}015} = 68666$.

[1] A. Boulan, Professor der Physik, Précis analytique des travaux de l'Académie de Rouen (1848), S. 33.

Sagen wir daher mit Liebig, daß „die Wärme, die sich jeder Attractionskraft widersetzt, als das materielle Princip der Repulsion betrachtet werden kann.“ [1]

Noch andere Argumente liefern der Kampher, der Quecksilbersublimat und der luftleere Raum.

Der Kampher und der Sublimat, einer genügenden Temperatur ausgesetzt, verflüchtigen sich ohne Zersetzung. Unterwirft man den Kampher einem leichten Druck, so kann man ihn flüssig machen, und war er rein genug, so ist er in diesem Zustande durchsichtig wie Wasser.

Es würde ohne Zweifel ein ziemlich beträchtlicher Druck erfoderlich sein, um den Sublimat zu schmelzen, und es ist mir nicht bekannt, daß dies bisjetzt von Jemandem versucht worden wäre, noch daß Jemand den Sublimat im flüssigen Zustande und durchscheinend wie Wasser gesehen habe.

Man kann dies Resultat indessen leicht erreichen, wenn man den Körper in einer stark erhitzten Porzellanschale in den sphäroidalen Zustand übergehen läßt. Der Aetzsublimat im sphäroidalen Zustande ist farblos und verflüchtigt sich sehr langsam. (S. den sechsundzwanzigsten Versuch.)

Der Kampher geht ebenso leicht in den sphäroidalen Zustand über, doch schon bei einer viel niedrigern Temperatur als der Sublimat.

Ist es nicht klar, daß der Kampher und der Sublimat, wie überhaupt alle übrigen Körper im sphäroidalen Zustande, einer zwischen ihren Moleculen wirkenden Attractionskraft unterworfen sind, und daß sie sich so verhalten, als wären sie auf einen materiellen Punkt reducirt und hätten aufgehört der Schwere zu folgen? Ebenso einleuchtend ist es, daß die heiße Oberfläche die Schwerkraft aufhebt, indem sie die sphäroidalen Körper in einer gewissen Entfernung hält, welche dann, wie man in einem folgenden Paragraphen sehen wird, als wahre Satelliten der Erde erscheinen. Endlich ist es klar, daß im sphäroidalen Zustande alle Molecule gegen das Centralmolecul gravitiren, welches sie anzieht, wie dasselbe von ihnen angezogen wird, und zwar geschieht dies nach dem Newton'schen Gesetze.

Aber diese Molecularattraction, welche man in den sphäroidalen, wie überhaupt in allen flüssigen Körpern beobachtet, welche die Eigenschaft des Benetzens verloren haben, äußert sich ganz anders unter der Glocke der Luftpumpe.

---

[1] Liebig, Einleitung in das Studium der Chemie.

Wer sollte nicht das Verhalten der schwefligen Säure im leeren Raume bewundern! Diese Säure, welche durch Verdichtung eines Gases erhalten ist, und welche 11 Grad unter dem Eispunkte siedet, siedet nicht und verflüchtigt sich nur äußerst langsam im leeren Raume und in einer rothglühenden Schale. Dies ist, meiner Meinung nach, einer der schönsten Versuche der neuern Physik. (S. den achtzehnten Versuch.)

Noch überraschender und unwahrscheinlicher wird dieser Versuch mit Stickstoffoxydul, und gleichwol ist er wahr.

Die Zeit wird kommen, so hoffe ich, wo diese bewundernswerthen Erscheinungen von den Mathematikern werden studirt werden; dann steht ohne Zweifel der Philosophie der Wissenschaften ein großer Fortschritt bevor.

Die Art und Weise, wie sich die schweflige Säure im luftleeren Raume verhält, ist so bestimmt charakterisirt, daß ich nicht anstehe, vorauszusetzen, daß die übrigen von Faraday verdichteten Gase sich ganz ähnlich verhalten.

Ich habe mich schon in der ersten Auflage dieses Werks so ausgesprochen. Heute bleibt mir in dieser Beziehung kein Zweifel mehr, und dies gibt unsern Untersuchungen über diesen Punkt eine große Gewißheit. Es liegt hier ein neues physikalisches Gesetz vor.[1]

Ich werde ganz einfach berichten, was ich bezüglich des Stickstoffoxyduls in der Sorbonne gesehen; indeß ist dieser Gegenstand noch bei weitem ungenügend studirt, und man muß nothwendig wieder auf ihn zurückkommen.

Das Stickstoffoxyd geht bei allen Temperaturen über 0° in den sphäroidalen Zustand über; wie die schweflige Säure verdichtet es das in der Luft enthaltene Wasser und wird dadurch trübe; seine Verdampfung ist äußerst langsam und endlich bleibt in der Schale eine kleine Menge Schnee.

In der Leere verhält es sich in der ersten Zeit des Versuchs wie in freier Luft; später scheint eine Berührung mit der Schale stattzufinden, das Stickstoffoxydul explodirt und wird plötzlich fest. Bei dreimaliger Wiederholung endete dieser Versuch stets auf dieselbe Weise. Der Druck unter dem Recipienten betrug 2 Millimeter. (S. eine Note von Despretz in den „Comptes rendus de l'Académie des sciences", Januar 1849.)

---

[1] Ein physikalisches Gesetz drückt eine constante Relation zwischen einer Erscheinung und ihrer Ursache aus.

Hierauf beschränkt sich Das, was ich über das Stickstoffoxydul im sphäroidalen Zustande zu sagen habe, und ich schließe mit der paradox scheinenden Behauptung: Niemand hat bisjetzt das Stickstoffoxydul in einem offenen Gefäße, im flüssigen Zustande gesehen, und in unserm Klima ist es sehr schwierig, es darin zu beobachten.

Wahrscheinlich wird den russischen Gelehrten die Ehre einer vollständigen Untersuchung über diesen Körper (NO) aufbewahrt sein.

Das Stickstoffoxydul, welches zu diesem Versuche gedient hatte, war mit dem von Dumas und Bianchi modificirten Natterer'schen Apparate verdichtet worden.

Aus der Temperatur der verdichteten Gase im sphäroidalen Zustande wird man leicht die Temperatur ihres Siedepunktes ableiten können.

Noch ein Wort über das Quecksilber.

Man weiß, daß das Quecksilber eine Fläche von Glas oder Marmor nicht benetzt, daß zwischen derselben und der Metallkugel ein bemerkbarer Zwischenraum, eine Luftschicht von einer gewissen Dicke existirt. Die Physiker, welche eine Repulsion, von welcher Art auch immer, nicht annehmen, zögern nicht, zu behaupten, daß das Quecksilber die Fläche deshalb nicht berührt, weil es durch die fragliche Luftschicht getragen wird. Dies ist, wie mir scheint, ein Irrthum. Denn wenn man Quecksilber auf eine Zinntafel gießt, so benetzt es dieselbe augenblicklich, breitet sich darauf aus und verbindet sich damit so, daß es sozusagen verschwindet. Was ist in diesem Falle aus der Luftschicht geworden? Warum trägt sie das Quecksilber nicht ebenso wie beim Glase und beim Marmor?

Wenn das Quecksilber von der Glastafel durch eine Luftschicht entfernt gehalten würde, so müßte es im leeren Raume sich auf der Ebene ausbreiten und das Glas benetzen; allein es findet gerade das Gegentheil statt, das heißt, das Quecksilber verhält sich auf einer Glastafel in der Leere genau so wie an freier Luft.

Das Quecksilber wird durch eine Ursache, die uns in der That unbekannt ist und bei der wahrscheinlich die Wärme nicht ins Spiel kommt, von der Glastafel entfernt gehalten. (S. den neunundfunfzigsten Versuch und §. 5 dieses Theils.)

Ich füge noch ein letztes Argument hinzu, welches jeden Schatten eines Zweifels über diese Erscheinung beseitigt. Die Fette sind, wie bekannt, nicht fähig zu sieden; sie zersetzen sich unter dem Einflusse der Wärme und entwickeln Gase, deren Zusammensetzung mit der Temperatur schwankt, aber sie geben keine eigentlichen Dämpfe; sie

können nicht destillirt werden, ohne nicht wenigstens eine theilweise Zersetzung zu erleiden. Wenn man indeß irgendein Fett in eine glühende Schale wirft, so geht es augenblicklich in den sphäroidalen Zustand über, und nur wenige Secunden später zersetzt es sich und brennt mit Flamme. Man kann daher nicht sagen, daß es durch seinen Dampf getragen würde, noch durch die Gase, welche es entwickelt, denn 1) bildet sich kein eigentlicher Dampf, und 2) zersetzen sich die Gase nicht unmittelbar. Uebrigens entwickeln sich die Gase, welche durch die Zersetzung der Fette entstehen, nicht an deren Oberfläche, sondern im Innern ihrer Masse infolge einer Kraft, welche die Molecule dieser Körper nach allen Richtungen auseinanderzutreiben, nicht aber sie über der glühenden Oberfläche schwebend zu erhalten strebt.

Ein einziger Tropfen Oel genügt daher, um nachzuweisen, daß die Körper im sphäroidalen Zustande durch eine Repulsionskraft unbekannter Natur, welche die Wärme in den Körpern erzeugt, suspendirt werden. (S. den achtundzwanzigsten Versuch, welcher die Repulsion von festen Körpern gegen feste und von flüssigen gegen flüssige behandelt.)

Mir scheint diese Thatsache meine Ansicht über die Existenz einer Repulsionskraft in den bis zu einer gewissen Temperatur erhitzten Körpern zu bekräftigen. Es ist bekannt, daß ein künstlicher Magnet, wenn man ihn glühend macht, seine Eigenschaft, Eisen anzuziehen, verliert, und daß er sie beim Erkalten wiedergewinnt.

Wir verdanken diese Beobachtung den chinesischen Physikern. In neuerer Zeit hat Herr E. Becquerel gründliche Untersuchungen darüber angestellt.

Wir glauben, daß es unnütz wäre, diese Discussion noch weiter fortzusetzen. Niemand wird wol darüber noch einen Zweifel hegen, daß die auf glühenden Oberflächen geworfenen Körper nicht durch ihren eigenen Dampf, sondern durch eine Repulsionskraft, deren Natur wir studiren wollen, außerhalb der chemischen Wirkungssphäre gehalten werden.

Und nun noch ein Wort über das Gleichgewicht der Temperatur.

Wenn es ausgemacht ist, daß in den zahlreichen Fällen, welche bisher beschrieben, ein solches Gleichgewicht nicht existirt, und wenn dasselbe gleichwol das Fundamentalprincip der Wärmetheorien bildet: so sind diese Theorien thatsächlich ungenau und ungenügend, sodaß eine ganze Reihe von Erscheinungen ihnen nicht untergeordnet werden kann.

Es liegt daher in diesen Thatsachen etwas durchaus Neues, was bis zu diesem Tage unbeachtet geblieben ist. Ein neues Ding verlangt aber eine neue Bezeichnung, und ich schlage für den durch heiße Oberflächen modificirten Molecularzustand der Materie den Namen sphäroidaler Zustand vor, ein Wort, welches für die Zukunft eine theoretische Bedeutung erlangen wird, die es bisjetzt noch nicht besitzt.

Durch diesen Vorschlag komme ich einem indirecten Wunsch der Akademie entgegen, welche das Wort Erwärmung (caléfaction), das ich zuerst zur Bezeichnung der zur Hervorbringung des sphäroidalen Zustandes nöthigen Operation gebraucht habe, einer Kritik unterworfen hat.

Die Herren Arago, Pelouze und Robiquet sprechen sich in dem betreffenden Bericht an die Akademie darüber folgendermaßen aus: „Man glaubte im Allgemeinen, daß das Wasser die von Herrn Boutigny mit dem wenig passenden Namen der Erwärmung bezeichnete Erscheinung nur bei einer sehr hohen Temperatur zeigen könne; indessen läßt sich dieselbe auf eine sehr deutliche Weise in einer kleinen Schale von Blei hervorrufen.“ [1]

Ich brauche kaum zu erwähnen, daß ich das Wort Erwärmung verlassen habe.

Im folgenden Paragraphen will ich eine kurze Prüfung über den Werth der beiden Worte anstellen, die ich übrigens sehr gern aufgebe, wenn man andere besser geeignete vorschlagen sollte.

§. 2. Sphäroidaler Zustand der Körper.

„Eine neue Thatsache verlangt ein neues Wort.“
Arago.

Die Nothwendigkeit, mit einem neuen Worte den Zustand der Körper zu bezeichnen, den dieselben auf einer heißen Oberfläche annehmen, ist nicht zu verkennen, und ich mache nur auf die in dieser Beziehung herrschende Verwirrung aufmerksam. Einige Physiker ziehen hier vor zu sagen: kugelige Form (forme globulaire), kugelförmiger Zustand (état globulaire), sphäroidale Form (ein Pleonasmus), Globulisation u. s. w. Im Norden ist diese Modification unter dem Namen des Leidenfrost'schen Phänomens bekannt. Wäre es hiernach nicht in der Ordnung, dieselbe

---

[1] Comptes rendus, Sitzung vom 9. März 1840.

in der Schweiz als Saussure'sches, in Amerika als Perkins'sches Phänomen und in Frankreich entweder mit meinem Namen oder mit dem des Mannes zu bezeichnen, welcher sie unter den meisten Formen studirt hat; und so fort in andern Ländern? Dies allein zeigt, daß die beiden Benennungen, welche ich vorgeschlagen habe, insofern einen Vorzug verdienen, als sie in allen Sprachen anwendbar sind und einmal eine gewisse Reihe geometrischer Eigenschaften, dann aber auch die physikalische Eigenschaft bezeichnen, die sich kundgibt, wenn man einen Körper mit einer hinreichend heißen Fläche in Berührung bringt, um dieselbe nicht zu benetzen.

Was die Worte kugelige Form und kugelförmiger Zustand betrifft, so müssen sie durchaus verworfen werden. Das Eigenschaftswort kugelförmig konnte passend sein, solange man glaubte, daß diese Erscheinung sich nur bei kleinen Kügelchen zeigte; jetzt aber, da man weiß, daß alles Wasser der Erde in den sphäroidalen Zustand versetzt werden könnte, wenn man ein hinreichend großes Gefäß und ein genügend starkes Feuer zu seiner Erhitzung herzustellen vermöchte, ist das Wort kugelförmig durchaus ungeeignet.

Man kann hier einwenden, daß eine sehr große Wassermasse im sphäroidalen Zustande auch nicht mehr die Form eines Sphäroids besitzt, sondern daß sie sich bis auf einen gewissen Grad der Gestalt des Gefäßes anpaßt. Niemand wird dies leugnen. Aber wenn eine große Wassermenge im sphäroidalen Zustande auch nicht eine fast sphärische Form besitzt, so zeigt sie doch alle Eigenschaften des Wassers im sphäroidalen Zustande. Sie steht nicht in unmittelbarer Berührung mit dem Gefäße und ist stets durch krumme Flächen bekränzt. Findet nicht ein Gleiches mit jedem beliebigen festen Körper statt, welches auch immer seine geometrische Form sei? Hat nicht zum Beispiel ein Stück Eis, mag es nun die Gestalt einer Kugel, eines Würfels, eines Prismas, eines Hexaeders u. s. w. besitzen, stets alle physikalischen und chemischen Eigenschaften des Wassers im festen Zustande? Gerade Dies ist beim Wasser im sphäroidalen Zustande der Fall, wie groß auch seine Menge sei.

Uebrigens würde man sich sehr täuschen, wenn man glauben wollte, daß die Sphäroidalität des Wassers nicht bleibend wäre. Man nehme eine ebene Metallplatte, befestige sie horizontal und mache sie glühend; gießt man jetzt einen Tropfen Wasser darauf, so nimmt er den sphäroidalen Zustand an, in der mathematischen und physikalischen Bedeutung dieses Wortes. Fügt man immer mehr und mehr Wasser hinzu, so wird man stets ein Sphäroid behalten, aber ein

sehr abgeplattetes Sphäroid, dessen Achse oder verticaler Durchmesser unveränderlich ist, während sein Aequator oder horizontaler Durchmesser proportional mit der zugefügten Wassermenge wächst.

So bleibt also bei diesem so einfachen aber dabei so entscheidenden Versuche das Wasser einen Augenblick lang im kugelförmigen, und immer, vom Anfange bis zum Ende desselben, im sphäroidalen Zustande, in der geometrischen wie in der von mir gegebenen Bedeutung dieser Worte.

Ich bin daher berechtigt, dieselben solange anzuwenden, als man nicht eine andere, den Gegenstand besser bezeichnende Benennung gefunden hat.

Ich bedaure, über diesen Punkt mit Männern, die ich hochschätze, getheilter Meinung zu sein; doch gibt es etwas, was ich noch höher schätze, und das ist die Wahrheit, oder wenigstens Das, was ich für die Wahrheit halte.

Bemerkenswerth ist, daß ein berühmter Physiker statt des Wortes Zustand die Bezeichnung Form vorschlägt, und zwar ist der Grund, den er dafür angibt, genau das Gegentheil von dem, welcher mich bewogen hat, jenes zu adoptiren. Das Wort Zustand, sagt er, läßt glauben, daß ein vierter physikalischer Zustand der Körper existire, der von dem festen, flüssigen und gasförmigen verschieden sei..., und dies ist in der That ganz meine Idee: es gibt einen vierten Aggregatzustand der Körper, der ebenso alt wie die Welt, jedoch bis auf den heutigen Tag unbeachtet geblieben ist.

Einige Personen werden anderer Meinung sein; sie werden sagen, daß der sphäroidale Zustand nicht in der Natur existire, daß er eine künstliche Modification sei, welche wir in unsern Laboratorien ins Leben rufen. Dieser Einwurf, welcher auf den ersten Blick gegründet erscheint, ist es nicht, und wir werden in der Folge zeigen, daß der sphäroidale Zustand den drei andern physikalischen Zuständen in der Natur vorausgehen mußte. Alles um uns ist relativ. Ist das Wasser nicht immer gasförmig in der Luft für alle Bewohner der Erde, immer flüssig zwischen den Tropen und immer fest in den Polargegenden? Und haben wir denn die Vulkane untersucht? Was wissen wir von Dem, was sich in den Tiefen der Erde zuträgt, wo man die am schwersten schmelzbaren Körper im feurigen Flusse vermuthet? Was weiß man von den Ursachen der Erderschütterungen, der vulkanischen Eruptionen und von der unmeßbaren Gewalt, welche Gebirgsketten, Inseln u. s. w. gehoben hat?

Kann man sie nicht mit Recht, mögen sie nun Explosionen oder

Erzitterungen hervorgebracht haben, dem sphäroidalen Zustande des Wassers oder aller andern Körper zuschreiben?

Es verhält sich mit dem sphäroidalen Zustande wie mit den Thieren und Pflanzen, welche von der Erde verschwunden, durch Mittel und Bedingungen vernichtet sind, die mit ihrer Organisation nicht vereinbar waren. Der sphäroidale Zustand zeigt sich nur infolge der Abkühlung der Erde nicht mehr; aber es ist unzweifelhaft, daß derselbe noch an der Oberfläche des glühenden Erdkernes existire, wie es gleichfalls nicht bezweifelt werden kann, daß er zu der Zeit, da die Erde sich noch im feurigen Flusse befand, mächtig gewirkt habe. Glücklicherweise liegt es aber nicht in der Macht des Menschen, die Eigenschaften der Materie zu ändern, welche unwandelbar und unzerstörbar ist. Der sphäroidale Zustand an der Oberfläche der Erde ist also eine strenge Consequenz aus der Annahme ihres ehemaligen feurig-flüssigen Zustandes.

Welches ist die gewaltigste Kraft in der Natur, und welches ist die sichtbare Ursache des sphäroidalen Zustandes? Die Wärme, und immer die Wärme. Begegnen sich nicht und werden sich nicht fortwährend eben auf dem Gebiete der Wärme die Physiker und ihre Theorien begegnen? [1] Man würde daher mit Unrecht den sphäroidalen Zustand als einen Zufall und nicht als eine den großen Gesetzen der Natur zugehörige Thatsache betrachten.

Ich hoffe, daß es mir noch vergönnt sein wird, dies zu beweisen. Bis dahin wiederhole ich es mit der größten Ueberzeugung, daß ein vierter physikalischer Zustand der Körper existirt, welcher entschiedener von den drei andern differirt, als diese untereinander. Ich will den Beweis zu liefern versuchen, daß seine Annahme in der Wissenschaft logisch und beim jetzigen Zustande derselben unerläßlich ist.

Grove denkt, daß „der sphäroidale Zustand die Mitte zwischen dem gewöhnlichen und dem «zersetzenden» Sieden halte; folglich ist derselbe ein Zustand polarer Spannung, ähnlich dem, welcher in einer Voltaischen Zelle vor der Zersetzung stattfindet“.

„Die Erscheinung läßt zugleich eine neue Relation zwischen der Wärme, Elektricität und chemischen Affinität erkennen.“

---

[1] Seit einigen Jahren sind die Speculationen über die Wärme von vielen Physikern und Chemikern lebhaft wiederaufgenommen worden. Darf man nicht glauben, daß die Entdeckung des sphäroidalen Zustandes dadurch, daß sie von neuem die Aufmerksamkeit der Gelehrten auf die Wärme lenkte, zu diesen interessanten und nützlichen Untersuchungen in einiger Beziehung stehe?

(S. „On certain phenomena of Voltaic ignition and the decomposition of water into its constituent gases by heat", traduit par Louyet, veröffentlicht in dem „Bulletin du musée de l'industrie Belge", 4e livr., 1847.)

§. 3. Eigenschaften der Körper im festen, flüssigen und gasförmigen Zustande, verglichen mit denen der Körper im sphäroidalen Zustande.

Die Physik lehrt uns die Materie in drei, ihrer äußern Erscheinung nach vollständig voneinander verschiedenen Aggregatzuständen kennen: im festen, flüssigen und gasförmigen Zustande. Doch für den Menschen, welcher prüft und reflectirt, ist diese Eintheilung durchaus arbiträr; denn man erkennt bald, daß nichts absolut fest, flüssig und gasförmig ist. Alle Körper differiren untereinander, sei es im festen, flüssigen oder gasförmigen Zustande, und derselbe Körper, in jedem dieser drei Zustände, zeigt bemerkbare Verschiedenheiten.

Nehmen wir das Wasser als Typus eines jeden dieser Zustände.

Das Eis repräsentirt uns den festen, das eigentliche Wasser den flüssigen, der Dampf den gasförmigen Zustand.

Das Wasser existirt unter diesen drei Zuständen auf der Oberfläche der Erde, und es wird ohne Zweifel solange darin existiren als die Erde besteht; allein man kann nicht behaupten, daß es sich immer in diesen Zuständen befunden habe. Könnte man zum Beispiel wol annehmen, daß es auch zu jener Zeit schon in diesen drei Zuständen existirt habe, als die Erdkugel noch glühend war? Sicherlich nicht; denn dies würde mit Allem im Widerspruch stehen, was wir von der Existenz dieser von der Pflanzen- und Thierwelt untrennbaren Flüssigkeit wissen. Man wird im Gegentheil leicht zugeben, daß das Wasser damals nur im sphäroidalen und gasförmigen Zustande existiren konnte.

Vergleichen wir aber das Wasser, welches langsam gefriert und krystallisirt, mit dem, welches plötzlich zu Eis wird, so findet man sehr große Differenzen. Das erstere hat reguläre und bestimmte, das letztere unregelmäßige und variable Formen; dieses ist amorph, jenes krystallinisch, seine Molecule sind mit Symmetrie und stets auf dieselbe Weise geordnet, wenigstens muß man es glauben.

Ein durchscheinender Eisblock, ein Hagelkorn und eine Schneeflocke zeigen untereinander bedeutende Verschiedenheiten, obwol sie nur aus festem Wasser bestehen. Die Cohäsion zwischen den Moleculen des

Eises ist so groß, daß man in nördlichen Gegenden daraus Häuser bauen und Kanonen fabriciren konnte, welche man wie Kanonen von Bronze oder Gußeisen lud. Der Hagel ist compressibel und zeigt bei weitem nicht die Festigkeit. Der Schnee ist noch viel weicher und zusammendrückbarer.

Diese Differenzen sind auffallend genug, um meine Ansicht über die Bedeutung zu unterstützen, welche man in der Physik dem Adjectiv fest beizulegen hat; noch viel deutlicher aber sind sie beim Schwefel ausgesprochen, welcher dem Auge des Beobachters alle Abstufungen des festen, flüssigen und gasförmigen Zustandes bietet. Er ist nacheinander fest und zerreiblich, flüssig, wie Wasser, dann wie Oel, wie Terpentin u. s. w.; noch mehr erhitzt wird er von neuem flüssig, kocht und verdampft.

Die Molecule des dampfförmigen Schwefels, auf einem Uhrglase aufgefangen und unmittelbar darauf unter dem Mikroskop untersucht, zeigen eine sphärische Gestalt; sie sind anfangs durchsichtig, dann werden sie opak, und wenn man sie wiederholt benetzt, vereinigen sie sich und bilden mehr oder weniger voluminöse Krystalle.[1] Hier geht die sphärische Form der eckigen oder krystallinischen voraus, und wir sind der Meinung, daß dies immer der Fall ist.

Schwefel, aus Schwefelwasserstoff durch schweflige Säure gefällt, hat alle Eigenschaften des weichen Schwefels, das heißt des Schwefels, der bis auf 250° erhitzt ist. Die Beobachtung dieses merkwürdigen Phänomens verdanken wir F. Selmi, Professor der Chemie zu Reggio.

So sieht man also aus der Vergleichung der verschiedenartigen festen Zustände des Wassers oder Schwefels untereinander, daß man dem Worte fest nur eine relative, und durchaus keine absolute Bedeutung beimessen kann.

Vergleicht man aber verschiedene feste Körper miteinander, so verhält sich die Sache noch ganz anders. Wismuth ist nicht so fest wie Eisen, Silber und Gold nicht so wie Antimon. Blei differirt vom Arsenik so sehr, wie Kalium von Kupfer u. s. w.

Will man vielleicht sagen, daß das Blei eine Zwischenstufe zwischen fest und weich repräsentire? Es differirt hinlänglich vom Kalium und noch mehr vom weichen Schwefel, dem Terpentin, dem Kautschuk u. s. w. Für den festen Zustand gibt es keinen Typus.

Die Flüssigkeiten miteinander verglichen zeigen ebenso große Unter-

---

[1] Journal des connaissances medico-pratiques, 1844, S. 166 fg.

schiede; welches würde wol das erste, welches das letzte Glied einer Reihe sein; in der die Körper nach dem Grade ihrer Flüssigkeit geordnet wären? Dies würde jedenfalls eine sehr schwierige Classification sein.

Man kann behaupten, daß die Verschiedenheiten bei den Gasen und selbst bei einem und demselben Gase je nach der Temperatur und dem Drucke nicht minder groß sind; aber da die Materie im gasförmigen Zustande für uns weniger leicht wahrnehmbar und schwieriger zu handhaben ist, so sind uns die Verschiedenheiten, welche sie besitzt, auch weniger bemerkbar.

Unter den festen Körpern gibt es amorphe oder solche, die einer bestimmten Gestalt entbehren; ferner dimorphe oder Körper, die unter zwei verschiedenen Krystallformen und sehr verschiedenen physikalischen Eigenschaften auftreten, obgleich ihre chemische Natur eine gleiche ist; der kohlensaure Kalk im isländischen Kalkspath und im Arragonit bieten hierzu ein passendes Beispiel; unter den einfachen Körpern ist der Schwefel ein Repräsentant für diese Eigenschaft; endlich haben wir die polymorphen Körper, welche bei gleicher chemischer Natur mehr als zwei Formen zeigen, wie zum Beispiel der Kohlenstoff, der Lampenruß, der Graphit und der Diamant Modificationen desselben Körpers sind.

Schließlich seien noch einige Worte über die sehr wichtige Classe der isomorphen Körper erwähnt. Zwei Körper sind isomorph, wenn einer von beiden für den andern in irgendeiner Verbindung substituirt werden kann, ohne daß die ursprüngliche Krystallform derselben sich ändert. Unter den Metalloiden sind das Selen und der Schwefel, wie unter den Metallen das Aluminium, das Magnesium, das Eisen u. s. w. isomorph.

Der Isomorphismus hat ein völlig unerwartetes Licht auf eine Menge von Thatsachen geworfen, welche dem Fortschritt der Chemie und Mineralogie hindernd im Wege standen; er hat einen heilbringenden und fruchtbaren Einfluß auf die Naturwissenschaften ausgeübt; seine Entdeckung war der Ausgangspunkt einer Menge anderer Entdeckungen, und dieselbe allein würde genügen, den Namen eines Mitscherlich unvergänglich zu machen.

Nach allem Diesem bin ich im vollen Rechte zu sagen, daß die Eintheilung der Körper in feste, flüssige und gasförmige eine rein arbiträre, oder daß sie beinahe nur zu dem Zwecke erdacht worden ist, der Schwäche des menschlichen Geistes zu Hülfe zu kommen. Diese drei verschiedenen Zustände der Materie sind durchaus nicht mit

absoluter Schärfe getrennt, obwol sie, in ihren Extremen, Verschiedenheiten zeigen, welche wol eine solche Classification rechtfertigen könnten; diese Verschiedenheiten bestehen hauptsächlich in der Cohäsion; was aber die Wirkung der Wärme auf die Materie in diesen drei Zuständen betrifft, so ist dieselbe wenigstens beinahe stets von gleicher Art: Das Gleichgewicht der Wärme stellt sich constant zwischen allen Moleculen der Körper selbst und ihrer Umgebungen her. Nur in diesem Umstande unterscheiden sich die erwähnten drei Zustände von dem sphäroidalen, wo das Gegentheil stattfindet. Prüfen wir diesen Punkt mit einiger Aufmerksamkeit.

Die Hauptverschiedenheit des sphäroidalen Zustandes von den drei andern Aggregatzuständen liegt darin, daß bei diesen die Temperatur bis ins Unendliche variiren kann, während bei jenem die Temperatur unter übrigens gleichen Umständen eine einzige und unveränderliche ist.

Oder mit andern Worten, die festen, flüssigen und gasförmigen Körper befinden sich bezüglich der Wärme in einem labilen Gleichgewicht, während die Körper im sphäroidalen Zustande in eben der Beziehung ein stabiles Gleichgewicht zeigen. Dies allein sollte genügen, um die ganze Wichtigkeit zu zeigen, welche das Studium des sphäroidalen Zustandes besitzt, und auf die bedeutungsvolle Rolle aufmerksam zu machen, welche dieser Zustand in der Natur gespielt hat und noch spielen muß.

Wenn man ein Stück Eis in eine Schale wirft und dieselbe der Einwirkung der Wärme aussetzt, so schmilzt das Eis, und solange dies geschieht, bleibt die Temperatur constant auf 0°; alle von der Schale aufgenommene Wärme wird behufs der Schmelzung des Eises absorbirt und im Wasser latent. Diese Erscheinung tritt infolge des wohlbekannten Gesetzes für den Uebergang aus dem festen Zustande in den flüssigen ein.

Wenn man aber die Schale erhitzt, bevor man das Stück Eis hineinlegt, so ist der Vorgang ein anderer: das Eis geht unmittelbar aus dem festen Zustande in den sphäroidalen über. Das Eis behält seine anfängliche Temperatur, das Wasser bleibt constant auf 96,5°, während die Schale fortfährt zu glühen; daher Mangel des Wärmegleichgewichts. Das Gesetz für den Uebergang aus dem festen Zustande in den sphäroidalen ist sonach durchaus verschieden von dem für den Uebergang aus dem festen in den flüssigen Zustand. (S. den fünfundfunfzigsten und sechsundfunfzigsten Versuch.)

Man gießt Wasser in eine Schale, es findet Berührung, Mole=

cularattraction zwischen beiden Körpern statt, und die Schale wird benetzt.

Man gießt Wasser in eine glühende Schale; jetzt gibt es keine Berührung, keine Attraction zwischen beiden Körpern, und die Schale wird nicht benetzt.

Man setzt die erste Schale über Feuer; sie erhitzt sich und theilt die Wärme dem Wasser mit, welches sie enthält, bis dies zu sieden anfängt; von jetzt an wird sie nicht wärmer und alle aufgenommene Wärme wird im Dampfe latent. Aber in jedem Momente des Versuchs existirt zwischen der Schale, dem Inhalte und dem Dampfe Gleichgewicht der Temperatur. Wenn das Wasser die Temperaturen von + 10°, 20°, 30°...100° zeigt, besitzen auch Schale und Dampf dieselben Temperaturen + 10°, 20°, 30°...100°.

Allein wenn das Wasser im vollen Sieden ist, könnte wol das Gleichgewicht zwischen Schale und Inhalt aufgehoben sein. Scheint dies nicht auch aus Dem hervorzugehen, was im fünfundsechzigsten Versuch beobachtet wurde?

Was das Wasser in der rothglühenden Schale anbetrifft, so kommt dasselbe nicht zum Sieden, die Verdampfung geht sehr langsam vonstatten, und seine Temperatur ist constant dieselbe; sie ist durchaus unabhängig von der Temperatur der Schale, welche von + 142° bis zu jedem beliebigen Grade steigen kann, während die Temperatur des Dampfes von der der Schale abhängt, mit welcher sie sich fortwährend im Gleichgewicht erhält. (S. den 1. Theil, §. 3.)

Sollte nun diese so merkwürdige Eigenschaft des Wärmereflexionsvermögens der Körper im sphäroidalen Zustande (eine Eigenschaft, welche die flüssigen Körper nicht besitzen, mit denen jene übrigens bezüglich der Cohäsion eine große Aehnlichkeit haben) nicht große Beachtung verdienen und sehr zu Gunsten der Annahme eines vierten physikalischen Zustandes sprechen?

Fügen wir zu dem Erwähnten noch die Suspension der chemischen Wirkung hinzu, so haben wir die hauptsächlichsten Verschiedenheiten zusammengestellt, welche die Körper im sphäroidalen Zustande vor den übrigen auszeichnen, und welche meine Ansicht von der Nothwendigkeit, einen vierten physikalischen Zustand der Materie anzunehmen, vollkommen rechtfertigen.

Aber ich wiederhole es nochmals: wenn ich auch der Sache selbst eine große Wichtigkeit beilege, so gebe ich doch auf die Worte sehr wenig. Wenn man daher einen andern Ausdruck zur Bezeichnung aller Eigenschaften des sphäroidalen Zustandes der Materie vorschlägt,

so werde ich mich beeilen, ihn zu adoptiren; bis zu diesem Augenblick aber glaube ich einmal, daß die Annahme dieses vierten Zustandes in der Wissenschaft logisch begründet ist, und dann, daß die Bezeichnung, welche ich für denselben vorgeschlagen habe, ihm zur Einführung in die gelehrte Welt dienen kann.

Und zudem hoffe ich, einst den Beweis zu liefern, daß der feste, flüssige und gasförmige Zustand der Materie nur Derivationen des sphäroidalen sind, welcher als der primordiale Zustand der Materie zu betrachten ist.

Man wird mir hier einhalten, daß bei weitem nicht alle Körper der Natur im sphäroidalen Zustande studirt worden sind, daß es unschmelzbare gibt, und daß die Metalle (neunundfunfzigster Versuch) sich wol anders als Jod, Kampher, Fett, Wasser u. s. w. verhalten können.

Was zunächst die absolute Unschmelzbarkeit und Nichtflüchtigkeit der Körper betrifft, so glaube ich im Allgemeinen nicht mehr daran.

Die Kohle galt bis vor ganz kurzem als absolut nichtflüchtig, bis die schönen Untersuchungen von Play den Beweis geliefert haben, daß sie sich bei einer sehr hohen Temperatur verflüchtigen läßt. Darf man aber wol selbst die höchste Temperatur, welche wir zu erzeugen vermögen, mit der vergleichen, welche in dem gewaltigen Laboratorium der Natur hervorgebracht werden kann? Daher ist es durchaus nicht ungereimt anzunehmen, daß alle Materie geschmolzen und verflüchtigt werden kann. Hat doch Gaudin die Kieselsäure sich bei einer sehr hohen Temperatur ziemlich schnell verflüchtigen sehen.

Die neuern Untersuchungen von Despretz lassen hierüber nicht den mindesten Zweifel. Dieser Gelehrte ist mit Hülfe der Elektricität dahin gelangt, alle Naturkörper zu schmelzen und zu verflüchtigen, selbst auch die, welche bisher als unschmelzbar betrachtet worden sind. (Comptes rendus de l'Académie des sciences, 2. Semester, 1849.)

Was die Metalle betrifft, so wäre es wohl denkbar, daß sie sich anders verhielten als die übrigen Körper; indessen glaube ich dies nicht und Niemand wird es glauben, wenn man die Hemogenität der Materie mit einem größern oder geringern Grade der Condensation, und die Anwendbarkeit des Newton'schen Gesetzes auf die vorliegenden Erscheinungen annimmt . . . . „Alles in der Natur folgt aus ihm, Alles leitet sich mit derselben Nothwendigkeit daraus ab, mit der die Jahreszeiten wiederkehren; und die Curve, welche das Samenstäubchen, scheinbar ein Spiel der Winde, beschreibt, ist ebenso genau bestimmt als die Planetenbahnen.“ (Laplace.)

Und angenommen, daß es Ausnahmen, daß es deren viele gebe, was schadet dies? Ist nicht das Gleiche bei allen Theorien der Fall? Und wird dies nicht so oft der Fall sein, als eine neue allgemeine, die ganze Natur umfassende Theorie ausgesprochen wird? Wenn aber eine solche Theorie auf unerschütterlicher Basis aufgebaut sein wird, dann wird die Mission des Menschengeschlechts auf der Erde erfüllt, dann wird es am Ziele seiner Bestimmung angelangt sein.

§. 4. Warum zeigen die Körper im sphäroidalen Zustande constant eine unterhalb ihres Siedepunktes gelegene Temperatur?

Dies ist einer der wichtigsten und schwierigsten Theile der Frage.

Wenn man mit uns annimmt, daß die Körper im sphäroidalen Zustande ein fast absolutes Reflexionsvermögen besitzen, so wäre die Frage gelöst. Man würde sagen: Die Körper im sphäroidalen Zustande erhitzen sich, sobald sie die ihnen in diesem Zustande eigenthümliche Temperatur erreicht haben, nicht ferner, weil sie von der Wärme nicht mehr durchdrungen werden und dieselbe fast gänzlich zurückwerfen. (S. den 1. Theil, §. 3 und 4.) Aber es fehlt noch viel, daß dieses Reflexionsvermögen von allen Physikern angenommen werde.

In Italien sagt der berühmte Belli über dieses Reflexionsvermögen: „Il che sarebbe un fatto veramente singolarissimo e meritevole di tutta l'attenzione dei fisici." Dann fügt er hinzu: „Però, avendo io considerato con qualche diligenza le sperienze da esso fatte a questo riguardo, non le ho trovate abbastanza concludenti." [1]

Berzelius, in Schweden, spricht noch deutlicher: „Herr Boutigny behauptet, daß dieser Tropfen deshalb auf einer Temperatur unterhalb des Siedepunktes bleibt, weil ihn die strahlende Wärme nicht durchdringt, sondern vollständig von seiner Oberfläche reflectirt wird. Dies ist aber ein Irrthum, denn die strahlende Wärme erhöht die Temperatur keines Körpers." [2]

Diese Behauptung scheint mir mit einigen Thatsachen im Widerspruch zu stehen. Erwärmt die Sonne nicht unsere Erde, die Kamine, so mangelhaft in ihrer Construction, nicht unsere Zimmer? Was würde aus dem schönen Versuche von Pictet, wenn die strah-

---

[1] Giornale dell' I. R. Instituto Lombardo di scienze, etc., 1844, S. 203.
[2] Jahresbericht von 1845.

lende Wärme die Temperatur keines Körpers erhöhte? Es ist unnütz, hierbei länger zu verweilen.

Uebrigens nehmen die meisten Naturforscher eine Fortpflanzung der Wärme durch Contact nicht an, und zwar aus dem Grunde, weil in der Natur kein Contact existirt, sondern zwischen den Atomen selbst der dichtesten Körper sich Zwischenraum befinde; Berzelius selbst ist dieser Meinung. Man wird den Beweis davon in dem erwähnten Artikel finden.

Ich halte daher die Ansicht fest, daß die Körper im sphäroidalen Zustande die Wärme reflectiren und hoffe, daß der unsterbliche Naturforscher, den ich eben citirt, mir verzeihen wird, daß ich in diesem Punkte meiner Untersuchungen mit ihm verschiedener Meinung bin.[1]

Ob nun aber die strahlende Wärme von den Körpern im sphäroidalen Zustande vollständig reflectirt wird, weiß ich nicht und es ist nicht wahrscheinlich. Es können einzelne Strahlen absorbirt und die meisten zurückgeworfen werden. Dann wäre die langsame Verdampfung der sphäroidalen Körper und die stets unterhalb ihres Siedepunktes verharrende Temperatur erklärt. Leider sehe ich für jetzt keine Möglichkeit der Entscheidung dieser Frage. Jeder sieht ein, daß hier unüberwindliche Schwierigkeiten entgegenstehen.

Andere Physiker, zu denen Pouillet gehört, glauben, daß die Temperatur der Körper im sphäroidalen Zustande infolge von deren Verdampfung unterhalb des Siedepunkts bleibt.

Was uns betrifft, so beharren wir auf unserer Ansicht, daß die im §. 4 des ersten Theils beschriebenen Versuche die Frage dahin entscheiden, daß die Wärme durch die Körper im sphäroidalen Zustande reflectirt wird. Aber wo, in welchem Punkte werden die auffallenden Strahlen zurückgeworfen? Geschieht es durch die Atmosphäre oder durch die Oberfläche der Sphäroide? Oder dringen die Strahlen ein wenig in die Masse der Sphäroide ein, um dann erst zurückgeworfen zu werden? Darüber läßt sich nichts entscheiden. Wir sind der Meinung, daß solche Fragen durch die mathematische Analysis viel besser beantwortet werden können als durch die Experimentalphysik.

Ein englischer Physiker fragte mich einst, was denn aus der so zurückgeworfenen Wärme werden sollte. Ich antwortete ihm, daß ich darüber nichts zu sagen wüßte, daß aber hier wol ähnliche Inter-

[1] Dies ist vor dem so beklagenswerthen Tode des berühmten Chemikers geschrieben worden.

ferenzerscheinungen stattfinden könnten wie beim Lichte. Man sagt in Beziehung auf letztes: Licht zu Licht hinzugeführt gibt Finsterniß. Könnte man nicht im vorliegenden Falle sagen: Wärme zu Wärme hinzugefügt gibt Kälte? Doch darf man den einunddreißigsten Versuch nicht aus den Augen verlieren. Gehen wir ein wenig näher auf diese Hypothese ein, welche mir die rationellste oder die am wenigsten irrationelle zu sein scheint, was immerhin empfiehlt.[1]

Wärme zu Wärme gefügt gibt Kälte. Dieser Ausspruch, welcher einigen Physikern sonderbar erschienen ist, ist nichtsdestoweniger nur eine Paraphrase der Fundamentalwahrheit der Interferenzen. Denn wenn es, wie wir glauben, feststeht, daß die Körper im sphäroidalen Zustande die Wärme reflectiren, so muß man nothwendig Interferenzerscheinungen annehmen, da es nicht in unserer Macht steht, auch nur einen einzigen Wärmestrahl zu vernichten.

Gewiß ist das Wort Kälte unpassend; aber wir haben keine andere Bezeichnung, welche den Gegensatz von Wärme ausdrückt, wie das Wort Dunkelheit von Licht. Man weiß, daß absolutes Licht und absolute Dunkelheit nicht existiren, oder daß wir, wenn sie existirten, nichts davon wissen, was so gut ist, als existirten sie eben nicht.

Mit Wärme und Kälte findet Dasselbe statt. Absolute Wärme gibt es sowenig als absolute Kälte; wenigstens sind uns diese beiden äußersten Grenzen der Wärmewirkung unbekannt.

Die Worte Licht und Dunkelheit, Wärme und Kälte können daher nichts weiter ausdrücken als Verhältnisse oder Differenzen, woraus folgt, daß man Dunkelheit als einen geringen Grad von Licht, und Kälte als einen geringen Grad von Wärme anzusehen hat.

Alle diese Worte haben keinen absoluten Sinn. Was für einen

---

[1] Ich habe diese Ansicht zuerst in einem Briefe an das Institut am 14. Juli 1845 ausgesprochen und dieselbe in der zweiten Auflage dieses Werkes, erschienen im December 1846, wiederholt. Die Annahme wurde kritisirt, was mich veranlaßte, sie einer neuen Prüfung zu unterwerfen. Aber in einem zweiten Briefe vom 21. desselben Monats beharrte ich auf der ausgesprochenen Ansicht.

Heute ist die Interferenz der strahlenden Wärme im Allgemeinen angenommen.

Wird es mir erlaubt sein, diese wichtige Entdeckung für mich in Anspruch zu nehmen? Ich hoffe es. Ich glaube der Erste gewesen zu sein, welcher die Interferenz der strahlenden Wärme durch den Versuch, durch Induction und durch Analogie erkannt hat.

Bewohner der Sonne (wenn es deren gibt) kalt wäre, würde warm für uns und eine sehr hohe Temperatur für einen Bewohner des Neptun sein.

Dasselbe gilt für das Licht.

Dunkelheit für uns müßte glänzendes Licht für Menschen sein, die ihr Leben in finstern Gefängnissen oder Bergwerken zugebracht haben.

Ein Beispiel unter Tausenden mag zeigen, wie schwierig es ist zu sagen, wo das Licht beginnt oder wo die Dunkelheit endigt.

Man erhitze einen Eisenstab an einem dunkeln Ort und bestimme, bei welcher Temperatur er glühend wird . . . Es läßt sich behaupten, daß man soviel verschiedene Temperaturen finden wird als Beobachter zugegen sind.

Ich habe daher, ohne Furcht der wissenschaftlichen Beschränktheit beschuldigt zu werden, die Annahme stellen können, daß Wärme zu Wärme gefügt Kälte erzeugen, das heißt, daß ein einfallender Strahl bei seinem Zusammentreffen mit einem zurückgeworfenen neutralisirt oder vernichtet werden kann, gerade so, wie man dies bei der Lichtinterferenz nachgewiesen hat.

Bei dem einunddreißigsten Versuch, den ich bereits vorher citirt habe, würde die Interferenz in einer unendlich kleinen Entfernung von der sphäroidalisirenden Oberfläche stattfinden, daher die Erhöhung der Temperatur durch die Verstärkung des einfallenden Strahles.

Inzwischen hat man mir folgenden Einwurf gemacht: Ein bis auf + 10° erwärmter Punkt des Raumes, auf welchen man einen Wärmestrahl von der erwärmenden Kraft = 1 fallen läßt, wird dadurch auf + 11° erwärmt. Läßt man nun mit diesem Strahl einen zweiten demselben gleichen Strahl interferiren, so müßte die Temperatur des fraglichen Punktes anstatt auf + 12° zu steigen, wieder infolge der Interferenzen auf + 10° herabsinken; also erzeugt Wärme zu Wärme hinzugefügt keine Kälte.

Dieses Raisonnement aber ist durchaus auf das Licht anwendbar, und gegenwärtig darf der Fundamentalsatz der Interferenz: „Licht zu Licht hinzugethan erzeugt Dunkelheit“ [1], nicht mehr als ein bloßes poetisches Bild betrachtet werden, geeignet, widerstrebende Geister zu überraschen. Denn wenn man auf einen = 10 erleuchteten Punkt zwei Strahlen je von der Lichtstärke = 1 interferiren läßt, so werden sich letztere neutralisiren, sich im Interferenzpunkte gegenseitig vernichten, den erleuchteten Punkt aber werden sie nicht verlöschen.

---

[1] Arago.

Wenn man daher nicht zugeben wollte, daß Wärme zu Wärme gefügt Kälte erzeugen kann, so würde man ebenso wenig zugeben können, daß Licht zu Licht gefügt Dunkelheit hervorzubringen vermag.

Ich schätze mich glücklich, meinem berühmten Landsmann Fresnel[1] die einzige Hypothese zu verdanken, welche in genügender Weise die Reflexion der Wärmestrahlen durch die Körper im sphäroidalen Zustande erklärt.

Der Schall bietet wie das Licht unter gewissen Umständen ähnliche Interferenzerscheinungen. Zum ersten mal habe ich denselben in der Nähe der Kapelle von King's College zu Cambridge genau beobachtet.

Wenn die Glocke dieser Kapelle ertönte, entstanden sehr reine Schallwellen, die sich verstärkten und dann plötzlich unterbrochen wurden, um von neuem zu beginnen, abermals zu interferiren und endlich ganz zu verschwinden.

Dieses Phänomen ist nicht neu, aber ich habe es nirgends in solcher Reinheit beobachtet als in Cambridge.[2]

Die Beobachtung desselben erinnert mich an das Wort von Mercier: „Nichts ist schwieriger als Das gut zu sehen, was man beständig vor Augen hat", ein Wort, welches auch auf den sphäroidalen Zustand anwendbar ist, der seit der Schöpfung der Welt besteht.

Ziehen wir jetzt die Ansicht von Pouillet in Erwägung. Diese Ansicht besitzt etwas so Wahrscheinliches und Ueberzeugendes, daß Jeder, der die in diesem Werke beschriebenen Versuche nicht vollständig in sich aufgenommen hat, sehr leicht von ihr befangen werden kann. Ich gestehe ein, daß ich selbst lange zauderte, bevor ich sie verwarf; aber Ueberlegung und Versuch gestatten nicht länger, eine Erklärung als genügend anzuerkennen, die es in der That nicht ist.

Wir haben gesehen (§. 2 des ersten Theiles), daß das Wasser im sphäroidalen Zustande um so schneller verdampft, je höher die Temperatur des Gefäßes ist; und ferner, daß der Dampf der Körper im sphäroidalen Zustande um so heißer wird, je heißer das Gefäß ist, welches ihn einschließt (§. 3 des ersten Theiles). Hiernach müßte

---

[1] Fresnel ist zu Broglie im Departement l'Eure geboren.

[2] Ich wohnte als Mitglied der britischen Gesellschaft im College Clare-Hall, wo ich von Seiten des Dr. Williamson freundlichste und herzlichste Gastfreundschaft genoß. Herr Williamson ist in der gelehrten Welt durch verschiedene wissenschaftliche Arbeiten bekannt, hauptsächlich durch seine „Untersuchung über die Bewegung der Gletscher".

das Sphäroid infolge der Pouillet'schen Theorie um so kälter werden, je heißer das Gefäß ist. Denn wenn der Dampf sich auf Kosten der Wärme des Sphäroids bildet, so müßte die Temperaturerniedrigung im geraden Verhältnisse mit der Menge und der Wärme des gebildeten Dampfes zunehmen. Wir wissen aber, daß dies nicht stattfindet und daß die Temperatur des Sphäroids stets = 96,5° bleibt, mag man auch die der Schale von 200° — 1200° steigern. Dieses einfache Raisonnement könnte schon genügen, die in Rede stehende Erklärung zu widerlegen; die folgenden beiden Versuche werden aber geradezu beweisen, daß die Verdampfung auf Kosten der Wärme der glühenden Oberfläche und nicht der des Sphäroids erfolgt.

Hundertdritter Versuch. — Bei einer Temperatur von + 17,5° in meinem Laboratorium wurde die Kugel eines Thermometers mit roher Baumwolle umgeben und mit 15 Tropfen reinem Aether befeuchtet. Da die Verdunstung des Aethers zum großen Theile auf Kosten der Wärme des Thermometers geschah, so mußte das Quecksilber sinken, und es sank in der That bis auf + 9°; als darauf der Aether verdampft war, stieg das Thermometer wiederum bis + 16°. Die Kugel wurde abermals mit derselben Menge Aether befeuchtet und in einen kleinen kugelförmigen Kessel gesenkt, der kein Wasser enthielt und eine Temperatur von + 200° besaß. Das Thermometer war noch nicht vollständig hineingesenkt, als das Quecksilber schon zu steigen begann..., und dies Steigen dauerte fort.

Hundertvierter Versuch. — Derselbe Versuch nur mit dem Unterschiede, daß sich im Kessel einige Gramm Wasser im sphäroidalen Zustande befanden. Das Resultat war durchaus dasselbe.

Es ist folglich eine Eigenschaft der Materie im sphäroidalen Zustande, auf einer Temperatur unterhalb ihres Siedepunktes zu bleiben, und es muß als ausgemacht gelten, daß diese Temperaturerniedrigung nicht, wie einige Physiker meinen, eine Folge der Verdampfung sein kann, und daß die Verdampfung der Körper im sphäroidalen Zustande, so langsam sie auch ist, auf Kosten der Wärme des Gefäßes und nicht der der Sphäroide erfolgt.

Man kann mir einwenden, daß diese beiden Versuche nicht auf das Verhalten der Körper im sphäroidalen Zustande anwendbar sind, und ich erkenne die Bedeutung dieses Einwandes vollkommen an; aber sie beweisen trotzdem, daß der Wechsel des Zustandes, der Uebergang in Dampfform in einem Kessel nicht in der Weise erfolgt wie an freier Luft und bei einer Temperatur, die unterhalb des Siede-

punktes der zur Verdampfung verwendeten Flüssigkeit liegt. Man wird erkennen, daß nach dieser neuen Richtung hin sich noch schöne und wichtige Untersuchungen anstellen lassen, und ich brauche wol kaum hinzuzufügen, daß ich solche anzustellen gedenke.

Hier erlaube ich mir zu bemerken (und hoffe, daß man mir dabei Gerechtigkeit widerfahren lassen werde), daß ich stets entschieden darauf bedacht gewesen bin, mich jeglichem Einflusse einer vorgefaßten Meinung zu entziehen, und daß ich in keiner Weise die Einwürfe geringachte, die mir gemacht werden können. Ich suche mit Ernst die Wahrheit, ich suche sie mit aller Kraft meiner Seele, ohne mich durch Personen oder Sachen vorher einnehmen zu lassen. Allerdings kann ich mich täuschen; aber wenn ich mich täusche, so ist es nicht meine Absicht, Andere zu täuschen.

Welches also ist die Ursache der Wärmereflexion der Körper im sphäroidalen Zustande? Man kennt sie nicht. Das Reflexionsvermögen ist aber eine Eigenschaft der Materie in diesem Zustande, und unter einer Eigenschaft versteht man eine Wirkung, deren Ursache unbekannt ist.

Begegnet man nun aber einer Wirkung, deren Ursache unbekannt ist, so ist der Gang der Untersuchung vorgezeichnet und wir sind ihm gefolgt. Wir haben in Bezug auf diese Eigenschaft Dasselbe gethan, was wir mit allen andern thaten, das heißt, wir haben sie mit Sorgfalt studirt, zum mindesten mit der Sorgfalt, welche auf experimentellem Wege möglich ist, und haben nach ihren Gesetzen gesucht, um diese zu ordnen und eine Theorie danach aufzustellen. Denn eine Theorie ist nichts Anderes als „die analytische Verbindung specieller mit allgemeinen Thatsachen". Die allgemeinste Thatsache aber, welche wir kennen, ist die Attraction. Untersuchen wir daher, ob die zahlreichen Facta, welche wir gesammelt haben, dem Attractionsgesetze unterzuordnen sind. Vorher jedoch müssen wir nach der Ursache des sphäroidalen Zustandes forschen.

§. 5. Welches ist die Ursache des sphäroidalen Zustandes, oder: weshalb wird eine kalte Schale durch irgendeine Flüssigkeit benetzt, und warum erfolgt dies nicht, sobald sie erhitzt ist?

Wir müssen unsere Frage mit einigen Worten über die Capillarerscheinungen beginnen.

Es ist bekannt, daß die meisten Flüssigkeiten die Eigenschaft besitzen, sich in Capillarröhren oder zwischen zwei mehr oder weniger

genäherten Platten bis zu einer bestimmten Höhe über ihr Niveau hinaufzuziehen. Wird eine Röhre benetzt, so ist die Oberfläche der Flüssigkeitssäule concav, im andern Falle convex. Der Alkohol kann als Beispiel für den erstern, das vollständig oxydfreie Quecksilber für den letztern Fall dienen. Aber dies ist nichts weiter als Thatsache; will man die Ursache derselben suchen, so wird man sehr in Verlegenheit gerathen, und dieser schwierige Untersuchungsgegenstand, welcher den Scharfsinn der größten Mathematiker beschäftigt hat, ist noch vollkommen unerforscht.

„Die Affinität der Flüssigkeiten zu den festen Körpern variirt mit der Natur der letztern ebenso wie mit der Art der Flüssigkeiten selbst, sodaß für einige die Adhäsionskraft so stark ist, daß sie die chemische Affinität aufheben kann, während in andern Fällen dieselbe gleich Null zu setzen ist. Wenn eine Adhäsion zwischen Flüssigkeiten und festen Körpern stattfindet, so sagt man, die Flüssigkeit benetzt den Körper, im andern Falle benetzt sie ihn nicht." [1]

Soll man hiernach sagen, daß der sphäroidale Zustand zu den Capillaritätserscheinungen gehört? Daß die gegenseitige Attraction der Molecule der Körper im sphäroidalen Zustande vorwaltend ist und die Adhäsion übertrifft, welche zwischen denselben Moleculen und den heißen Körpern existirt? Wir können dies ohne Zweifel, aber dies lehrt uns durchaus nichts und ist um nichts besser, als wenn wir sagen: daß ein kalter Körper durch irgendeinen andern benetzt und ein heißer davon nicht benetzt werden kann. Man constatirt ein Factum und nichts weiter. Doch ich täusche mich: man constatirt ein zweites Factum, nämlich daß die Wärme die wirkliche Ursache der Erscheinung ist, weil sie in derselben Weise auf alle bekannten Körper wirkt. Denn in der That kann man in jeder Art von Gefäß Metall, Porzellan, Glas, Thon, Stein u. s. w. einen Körper in den sphäroidalen Zustand überführen. Wenn uns also die wahre Natur der Wärme und die Art ihrer Einwirkung auf die Körper bekannt wäre, so wäre das Problem gelöst; aber es fehlt noch viel, bevor wir dahin gelangen werden. Ja ich betrachte bis zum heutigen Tage dieses Problem als unlösbar. Das bisjetzt Mitgetheilte wie das Folgende darf für nichts als für einen Versuch genommen werden, der höchstens geeignet sein kann, neue Untersuchungen hervorzurufen.

Es wäre leicht, diese Discussion beliebig zu verlängern, indem wir die verschiedenen Theorien der Capillarattraction resumirten; aber wir

---

[1] Peltier, Dictionnaire universel d'histoire naturelle, Art. Fluide.

halten dies für unnütz, da solche Betrachtungen nichts zur Beantwortung der Frage über den sphäroidalen Zustand beitragen können. Man findet diese Theorien überdies in allen Lehrbüchern der Physik, hauptsächlich in den von Pouillet, 4. Aufl., II, 1—20, abgehandelt.

Wie bekannt, hat Ampère die chemischen Erscheinungen dadurch zu erklären versucht, daß er in den einzelnen Moleculen Elektricität als wirksam annahm, und zwar in dem einen positive, in dem andern negative Elektricität; außerdem ist nach seiner Ansicht jedes Molecul von einer Elektricitätsatmosphäre umgeben, die der im Innern enthaltenen entgegengesetzt ist. Findet eine Verbindung zwischen zwei Körpern statt, so beginnt sie bei den beiden Atmosphären; daraus erklären sich die Wärme- und Lichterscheinungen; dann vereinigen sich die beiden Molecule selbst und ihre Fluida neutralisiren sich. Diese Theorie ist so elegant als geistreich. Dürfen wir bei dem sphäroidalen Zustande den entgegengesetzten Vorgang voraussetzen und annehmen, daß der sphäroidalisirende Körper und der sphäroidalisirte Atmosphären von gleichnamiger Elektricität besitzen, um darin die Ursache der Repulsion zu suchen? Wir wagen dies weder zu verneinen noch zu bejahen. Nur darauf machen wir aufmerksam, daß die Aenderung des Zustandes fast immer ohne irgendwelchen elektrischen Vorgang erfolgt, mit Ausnahme der Fälle, wo der Körper im sphäroidalen Zustande chemische Affinität zu dem ihn enthaltenden Gefäße besitzt. So geht zum Beispiel das Wasser in einem Platingefäße aus dem sphäroidalen Zustande in den flüssigen über, ohne daß sich eine Elektricitätsentwickelung zeigt, während Salpetersäure bei demselben Uebergange in einer Kupferschale einen starken Strom hervorruft. Man kann hier einwenden, daß nur die Unvollkommenheit unserer Instrumente bei dem Uebergange des Wassers aus dem sphäroidalen Zustande in den flüssigen keinen Strom bemerken läßt, und allerdings ist dies sehr möglich.[1]

Es wird indessen Elektricität erzeugt, wenn der Uebergang aus dem einen Zustande in den andern bei einer hohen Temperatur erfolgt, das heißt, wenn sich Dampf von hoher Spannung bildet, und dies beobachtet man fast immer, wenn man mit Salzlösungen operirt.

Könnte nun wol Das, was über die Elektricität gesagt ist, auch auf die Wärme Anwendung finden? Sollte nicht auch diese unter gewissen Umständen wie die Elektricität zwei verschiedene Zustände,

[1] Vergl. Das, was über die Explosionen der Dampfkessel gesagt ist, S. 77 fg.

einen positiven und einen negativen zeigen? Ich bin nahe daran, eine solche Voraussetzung zu machen. Bei der Erscheinung, welche mich beschäftigt, würden der sphäroidalisirende Körper und der sphäroidalisirte beide entweder im positiven oder negativen Zustande sein; — und daher die Repulsion; geradeso wie gleichnamige magnetische Pole oder gleichnamige Elektricitäten einander abstoßen.

Im vorhergehenden Paragraphen habe ich einige Ansichten aus der Theorie über das Licht entlehnt, um die Wärmereflexion der Körper im sphäroidalen Zustande zu erklären.

Jetzt will ich mich zur Lösung der am Anfange dieses Paragraphen ausgesprochenen Fragen auf die Akustik beziehen und mich dabei auf die Autorität von Ampère stützen.

Vorher jedoch mache ich kurz darauf aufmerksam, daß zahlreiche Analogien zwischen Schall, Elektricität, Licht und Wärme bestehen.

Der Schall wird durch Schwingungen der Materie erzeugt; die übrigen Erscheinungen würden in Schwingungen des Aethers für sich oder des Aethers in Verbindung mit der Materie bestehen.[1] Hier wird uns nur der letzte Fall beschäftigen.

Vorzugsweise bemerkenswerth sind die Analogien zwischen Wärme und Schall; und Ampère zögerte nicht, beide zu assimiliren, indem er jene als eine Vibration des Aethers in Verbindung mit der Materie, diesen als eine Vibration der Materie für sich betrachtete. Ich gebe daher in Wahrheit nichts als die Ampère'sche Theorie wieder, und wenn ich eine Theorie des sphäroidalen Zustandes aufstelle, so geschieht dies aus achtungsvoller Ergebenheit gegen die Akademie,

---

[1] Der Aether, dessen Existenz noch nicht vollständig bewiesen ist, ist ein unwägbares, oder vielmehr nicht gewogenes, vollkommen elastisches Fluidum. Dasselbe erfüllt den ganzen Weltraum wie die Zwischenräume zwischen den Moleculen der Körper; mit einem Worte, der Aether ist allenthalben, im leeren Raume so gut als im dichtesten Körper verbreitet.

Der menschliche Geist kann aber die Existenz eines unwägbaren Fluidums nicht annehmen. Wenn der Aether ein Fluidum ist, so ist er ein Körper, und jeder Körper ist wägbar, daher muß es auch der Aether sein. Unserer Meinung nach ist der Aether das Grundprincip, der primordiale Zustand der Körper. Er ist die Materie im Zustande der äußersten Verdünnung, wodurch sie für unsere Sinne unwahrnehmbar wird. Aus diesem Grunde geben wir dem Worte ungewogen vor der Bezeichnung unwägbar den Vorzug.

Wenn aber auch der Aether bisjetzt ungewogen ist, so können wir doch nicht behaupten, daß er stets unwägbar bleiben werde. (S. weiter unten: „Die Erde und ihr Satellit“ und „Das Résumé über den dritten Theil“ am Ende des Werks.)

welche indirect den Wunsch ausgesprochen hat, meine Ansichten über diesen Gegenstand zu erfahren. In dem bereits citirten Bericht [1] wird Folgendes bemerkt: „Der Verfasser der Schrift, über welche wir zu berichten haben, betrachtet die bisjetzt gegebenen Erklärungen als unstatthaft und setzt gleichwol keine andern an die Stelle. Inzwischen gibt er seine Abhandlung nur für den Vorläufer einer größern Arbeit aus, der er sich gegenwärtig widmet, und es ist vorauszusetzen, daß er, wenn er eine größere Zahl von Beobachtungen gesammelt haben wird, sie in Einklang zu bringen suchen und seine eigenthümlichen theoretischen Ansichten darüber veröffentlichen wird."

Es wird zum leichtern Verständniß der Art, wie wir die Ampère'sche Theorie auf die vorliegenden Erscheinungen anzuwenden gedenken, nöthig sein, einen kurzen Ueberblick über diese Theorie zu geben.

Eine glühende Kugel zeigt dasselbe Gewicht wie im kalten Zustande, und eine am Balken einer Wage hängende Glocke wiegt gleichviel, mag sie tönen oder nicht.

Die Fortpflanzung der strahlenden Wärme folgt denselben Gesetzen wie die des Schalles: in beiden Fällen ist die Intensität den Quadraten der Entfernung proportional. Wärme- und Schallstrahlen werden nach denselben Gesetzen reflectirt, sie durchdringen gewisse Substanzen und geben der Oberfläche, welche sie treffen, die Eigenschaft, ihrerseits zu strahlen.

Ein warmer Körper besitzt ein größeres Volumen als im kalten Zustande; dasselbe ist bei einer transversalschwingenden Saite und einer longitudinalschwingenden Röhre der Fall: man findet erstere dicker, letztere länger.

Wenn ein Körper zu heftig vibrirt, so zerbricht er; erhitzt man ihn über eine gewisse Temperatur, so zerbricht er gleichfalls, er ändert infolge einer zu großen Vibrationsamplitude seinen Zustand, geht aus dem festen in den flüssigen und gasförmigen über [2], und kann auch den sphäroidalen annehmen.

Dieselben Aehnlichkeiten herrschen zwischen dem Schalle und der specifischen und latenten Wärme, doch sind sie schwieriger herauszufinden.

Versuchen wir nun, ob eine Anwendung dieser Theorie auf den sphäroidalen Zustand möglich ist.

Wir betrachten den Ton als eine Bewegung, hervorgebracht

---

[1] Comptes rendus, Sitzung vom 9. März 1840.

[2] S. Person, „Eléments de physique", II, 224.

durch die Einwirkung eines **bewegenden Körpers** (Motor) auf einen **beweglichen** (Mobil).

Nehmen wir eine Glocke als Mobil und einen Hammer als Motor an.

1) Man schlage die Glocke leise an: sie vibrirt mit einem gewissen Tone von einer gewissen Intensität, das heißt, sie macht in einer gegebenen Zeit eine gewisse Anzahl Schwingungen, deren jede eine gewisse Amplitude hat.

2) Man schlage die Glocke stärker an: sie schwingt noch in demselben Tone, doch mit größerer Intensität, das heißt die Zahl der Schwingungen bleibt dieselbe, nur ihre Amplitude wird größer.

3) Man schlage sehr stark auf die Glocke: der Ton bleibt wiederum derselbe, aber die Intensität ist noch größer. Man hat also auch hier dieselbe Zahl von Schwingungen bei einer Vergrößerung der Amplitude.

Betrachten wir nun die Temperatur eines Körpers im sphäroidalen Zustande als eine **Bewegung**, die aus der Einwirkung eines **Motors** auf ein **Mobil** resultirt, und sehen diese Temperatur als den Ton an, in welchem der Aether [1], condensirt und verbunden mit der Materie, schwingt, während wir endlich die Verdampfung als Repräsentanten der Intensität der Bewegung betrachten.

Man nehme einen Tropfen Wasser als Mobil und eine Schale als Motor.

1) Man lasse den Tropfen in eine auf 200° erwärmte Schale fallen: das Wasser nimmt sofort die Temperatur von 96,5° an und verdampft in einer gewissen Zeit.

2) Man werfe den Tropfen in dieselbe Schale, nachdem sie bis auf 1000° erhitzt ist: das Wasser wird ebenfalls die Temperatur von 96,5° annehmen, aber seine Verdampfung geht schneller vonstatten.

3) Endlich werfe man den Tropfen in die Schale, nachdem man ihre Temperatur bis auf 1500° erhöht hat: das Wasser wird wiederum nicht wärmer als 96,5°, seine Verdampfung indessen erfolgt noch schneller als beim vorigen Versuch.

Die Analogie ist, wie man sieht, vollständig; der Aether vibrirt stets in demselben Tone (+ 96,5°), und die Intensität des Klanges (die Verdampfung) wächst mit der Stärke des Stoßes (der Temperatur der Schale).

Die Glocke vibrirt mit dem Tone, der ihr eigenthümlich ist, und

[1] Man sehe die vortreffliche Bearbeitung des Artikels **Aether** im „Dictionnaire universel d'histoire naturelle" par M. Th. Peltier.

das Wasser nimmt die Temperatur an, welche ihm im sphäroidalen Zustande eigen ist (s. die Versuche fünfundfunfzig und sechsundfunfzig); oder mit andern Worten: der condensirte oder mit dem Wasser verbundene Aether vibrirt in dem Tone, welcher ihm in diesem Zustande der Condensation zugehört.

Die Intensität des Schalles wächst mit der Stärke des Stoßes, wie die Verdampfung, die der Intensität entspricht, mit der Temperatur der Schale zunimmt.

Folgender Einwand läßt sich indessen machen: die Glocke wird von dem Hammer unmittelbar berührt (?), was bei dem Wasser nicht der Fall ist, weil zwischen den Körpern im sphäroidalen Zustande und den glühenden Oberflächen kein Contact stattfindet.

Doch ist hierauf die Antwort nicht schwer. Der Aether des Wassers geräth ebenso in Schwingungen, wie alle Körper der Natur in Schwingungen versetzt werden können; denn eine Saite, eine Röhre, eine Glocke, eine Membran u. s. w. vibriren in dem ihnen eigenthümlichen Tone, sobald man einen andern Körper in ihrer Nähe schwingen läßt.

Bisjetzt haben wir nur die Vibrationen des Aethers in Betracht gezogen; doch man darf nicht aus dem Auge verlieren, daß die ponderable Materie zu gleicher Zeit vibrirt, und zwar mit hinreichender Energie, um zu zerbrechen, das heißt, um ihren Zustand zu ändern, um aus dem sphäroidalen Zustande in den gasförmigen überzugehen.

Diese Vibrationen der ponderablen Materie im sphäroidalen Zustande sind sehr deutlich, wie ich es oft beobachtet habe. Oft sind sie von einem sehr hellen Tone begleitet (Versuch dreiundsechzig) und haben die größte Aehnlichkeit mit der vibrirenden Bewegung einer Glocke. Es bilden sich Ellipsen, die einander unter verschiedenen Winkeln kreuzen, sodaß die vibrirenden Sphäroide häufig hervorspringende Ecken in paarer Anzahl zeigen, wie ich in der That zu beobachten Gelegenheit hatte.

Wenn man sich erinnert, daß die Reflexion der Wärme (dritter Theil, §. 4) durch die Körper im sphäroidalen Zustande nicht genügend erklärt werden kann, sobald man die Möglichkeit der Interferenzen verwirft, so wird man diesen Versuch einer Theorie billigen, welche übrigens die Ansichten von Ampère bestätigt.

Vielleicht wird man einst finden, daß die wirkliche Ursache des sphäroidalen Zustandes einem Interferenzphänomen zuzuschreiben ist.

Ich spreche aber diese Theorie nur mit dem größten Vorbehalte aus, und man wird meine Gedanken vollständig verstehen, wenn ich

bemerke, daß sie gänzlich auf der problematischen Existenz des Aethers beruht. Ich spreche sie überhaupt nur aus, um die so oft und von allen Seiten aufgeworfene Frage zu beantworten: Welches ist die Theorie dieser Erscheinungen? Die vorliegende scheint mir von allen denen, die mir vorschwebten, die am wenigsten unvollkommene zu sein. Uebrigens wird man zugeben, daß sie bei weitem mehr in das Bereich der Mathematik als der Experimentalphysik gehört, obwol es darüber noch so manche Versuche anzustellen gibt.

So liegt zum Beispiel noch eine ganze Reihe von Versuchen im luftleeren Raume vor. Wir wissen bereits, daß die sphäroidalisirten Körper sich im leeren Raume so verhalten, wie in freier Luft; daß die schweflige Säure im sphäroidalen Zustande unter der Glocke der Luftpumpe in einer glühenden Schale nicht siedet. Welches aber ist die Temperatur der Körper im sphäroidalen Zustande im leeren Raume? welches ist die ihres Dampfes? und viele ähnliche Fragen.

In der Erwartung, daß ich mich diesen interessanten Untersuchungen werde hingeben können, will ich einige der Anomalien, die ich beobachtet und in diesem Werke verzeichnet habe, zu erklären suchen.

Ich habe schon öfter der stürmischen Bewegung, welche bei großer Menge sphäroidalen Wassers eintritt, erwähnt und darauf aufmerksam gemacht, daß Wassertropfen von der Masse nach allen Seiten hinweggeschleudert werden (zwölfter, vierzigster, neunundsechzigster Versuch). Der Dampf, der, wiewol in geringer Menge, von dem Wasser an allen Punkten seiner Oberfläche erzeugt wird, kann wol einigermaßen zur Entstehung dieses Phänomens beitragen, da er einem doppelten Hindernisse, dem Drucke der Flüssigkeit und dem Widerstande der Gefäßwände begegnet; allein dies ist weder die einzige noch die hauptsächlichste Ursache von dem Hinwegfliegen der Wassertropfen. Die wahre Ursache der Erscheinung liegt in der vibrirenden Bewegung des Wassers. Man erinnert sich, daß sich häufig, ja fast immer, Ellipsen bilden, die sich kreuzen und mit einer großen Schnelligkeit einander folgen.

Man wird im folgenden Paragraphen sehen, daß das Wasser im sphäroidalen Zustande auf eine ebene Metallfläche eine Schicht von mehr als 7 Millimeter Dicke nicht bilden kann. Daraus folgt, daß jedesmal, wenn irgendein Hinderniß das Wasser veranlaßt, eine größere Dicke anzunehmen, was z. B. in einer halbkugelförmigen Schale der Fall ist, die Elongationen der Ellipsen, oder vielmehr der Ellipsoide, nicht mehr ungehindert vonstatten gehen können. Die Enden derselben werden an der Wand der Schale fester, wo sie den

Widerstand, dem sie begegnen, nicht überwinden können; sie werden zurückgestoßen und schleudern das Wasser in größern oder kleinern Tropfen hinaus, wie auch die Woge, wenn sie einem senkrechten Windstoße begegnet, Wasserströme in die Lüfte wirft.

Es kann auch vorkommen, daß die Elongationen der Ellipsoide in verticaler Richtung erfolgen, dann kann das Wasser in dieser Richtung selbst vom Mittelpunkte der Wassermasse aus hinweggeschleudert werden, und ich habe in der That diese Erscheinung eintreten sehen.

Wir haben eine rothglühende Schale mit einer Glocke verglichen; vergleichen wir sie jetzt mit einer schwingenden Saite, was in akustischer Beziehung die gleiche Bedeutung hat, und versuchen wir den vierundfunfzigsten Versuch zu erklären.

Die Schale (Aether und Materie) schwingt in irgendeinem Tone, aber dieser Ton wird immer tiefer und tiefer nach Maßgabe ihrer Abkühlung (ebenso verhält sich eine Saite, deren Spannung stetig vermindert wird), und es tritt ein Moment ein, wo die Zahl ihrer Schwingungen gleich oder fast gleich der der Schwingungen des Wassers ist (Aether und Materie); die Berührung erfolgt zunächst an einigen Punkten, darauf überall, und hiernach stellt sich das Gleichgewicht der Wärme her, oder was Dasselbe, Gefäß und Flüssigkeit vibriren in demselben Tone.

Wenn man im Gegentheil die Flamme der Lampe schnell verstärkt, was einer stärkern Spannung der Saiten entspricht, tritt der sphäroidale Zustand wieder in seiner ganzen Reinheit hervor, weil die Vibrationen der Schale, die sich jetzt vervielfachen oder nicht mehr mit denen des Wassers isochron sind, sich mit letztern nicht verstärken, mit ihnen nicht im Einklang erfolgen können; aber Interferenzerscheinungen können eintreten, und dies geschieht in der That infolge der Reflexion der Wärme durch die Körper im sphäroidalen Zustande.

Diese Theorie führt uns nothwendig auf eine Frage, die schon im ersten Paragraph dieses Buchs ausgesprochen ist: Warum benetzt das Wasser ein kaltes Gefäß? Warum benetzt es das Gefäß nicht, sobald dieses heiß ist?

Ein Gefäß wird benetzt, wenn der in seiner Masse vertheilte oder auf seiner Oberfläche befindliche Aether mit dem des Wassers oder jedes andern Körpers gleichstimmig vibrirt. In diesem Falle sagt man: Die Attraction zwischen dem benetzenden Körper und dem benetzten überwindet die Attraction der Molecule des benetzenden Körpers untereinander; u. s. w.

Hier ist der Ort, zu erwähnen, daß es verschiedene Arten des

sphäroidalen Zustandes gibt. Jeder hat Wassertropfen über Pflanzenblätter, geöltes oder mit Bärlappsamen bestreutes Papier, über eine gewisse Fläche u. s. w., rollen sehen. Diese Erscheinungen treten infolge anderer Ursachen ein als die sind, welche wir studiren und welche andere Wirkungen hervorbringen. „Ein Thautropfen, der auf einem Blatte liegt, kann die Sonnenstrahlen brechen und im Freien wie eine Linse das Blatt erhitzen; dies ist eine sehr bekannte Thatsache.“ [1] Ich werde auf diesen Gegenstand noch zurückkommen.

In der Ampère'schen Theorie wird der Wechsel der Aggregatzustände dadurch erklärt, daß der feste Zustand mit einer gewissen Vibrationsamplitude und der flüssige mit einer gewissen andern unvereinbar sei. Da der gasförmige Zustand die letzte Form der physikalischen Verwandlung der Körper ist, und die Vibrationen in diesem Falle eine wahrscheinlich unendlich große Zahl und Schnelligkeit besitzen können, so muß derselbe alle denkbaren Vibrationsgeschwindigkeiten und Zahlen bieten, das heißt, sich mit allen bekannten Körpern in ein Temperaturgleichgewicht setzen, vorausgesetzt, daß diese stärker erhitzt seien als der Siedepunkt der Substanz liegt, welche das Gas oder den Dampf erzeugt hat.

Damit die Dinge so geschehen, wie wir eben gesagt, ist es nöthig: 1) daß ein auf eine glühende Oberfläche geworfener Körper seine ursprüngliche Temperatur behalte, oder was Dasselbe, daß seine Vibrationen unveränderlich seien, solange er fest ist; 2) daß der neue Zustand (der sphäroidale), durch den er geht, fast augenblicklich (die Schnelligkeit, mit welcher die Bewegung sich fortsetzt, ist nicht unendlich) die Temperatur annehme, die ihm eigenthümlich ist; oder mit andern Worten, daß er in dem ihm im sphäroidalen Zustande eigenthümlichen Tone und mit einer Intensität vibrire, welche der des Körpers, von welchem die Bewegung ausgeht, proportional ist; endlich 3) daß der dritte Zustand (Dampf), den er passirt, sich mit allen bekannten Körpern in Wärmegleichgewicht setzen könne, vorausgesetzt, daß diese heißer seien als nöthig ist, um diesen Zustand hervorzurufen: oder der Dampf muß in jedem Tone und mit jeder möglichen Geschwindigkeit schwingen können.

Dies aber ist gerade das Resultat des fünfundfunfzigsten und sechsundfunfzigsten Versuchs.

Die so geistreiche und für mich so befriedigende Ampère'sche Theorie erhält daher durch den sphäroidalen Zustand eine glänzende Bestätigung.

---

[1] Études de chimie philosophique par E. N. Martin, S. 128.

Im dreiundsechzigsten Versuch sieht man nicht nur, sondern man hört auch das Sphäroid vibriren. Hier trifft die rationelle Akustik mit der eigentlichen Akustik zusammen. Werden die Töne, welche das Ohr vernimmt, von der Schale oder dem Sphäroid erzeugt?

Im fünfundsechzigsten Versuch sehen wir das Wasser unisono vibriren, und zwar in einem stets höher werdenden Tone und mit immer wachsender Intensität, bis die Vibrationsamplitude des Wassers unvereinbar mit seinem flüssigen Zustande wird; in diesem Augenblick verwandelt es sich in Dampf und absorbirt wenigstens theilweise die vibrirende Bewegung des Eisens: daher dessen Abkühlung.

Um sich dies völlig klar zu machen, muß man sich erinnern, daß die Einwirkung einer Kraft nur einen Augenblick, der Effect aber, den sie erzeugt, beständig dauert.

Also wird die vibrirende Bewegung des Eisens nicht aufgehoben, sondern sie überträgt sich zum großen Theil auf den Dampf. Nach der alten Theorie würde man sagen, daß alle Wärme im Dampf latent wird, und dies erklärt die Erscheinung sehr gut; da man aber nicht weiß, was latente Wärme ist, hingegen sehr gut die Vibrationen der Materie und nach Analogie auch die des Aethers in Verbindung mit der Materie sich vorstellen kann, so scheint mir die Ampère'sche Theorie den Vorzug zu verdienen.

Die vibrirende Bewegung geht auf das Wasser über, fast ebenso, wie die eines vibrirenden Glases sich auf die Hand überträgt, welche dasselbe hält. Läßt man ein Champagnerglas tönen und ergreift es mit der Hand, so hört es sofort auf zu vibriren. Ist die vibrirende Bewegung deshalb aufgehoben? Keinenfalls; sie geht auf die Hand, den Arm, die Luft, den Boden u. s. w. über. Bei dem fünfundsechzigsten Versuch wird das Glas durch den Topf, und das Wasser durch die Hand repräsentirt.

Wir wollen versuchen, diese eigenthümliche und der Beachtung würdige, obwol nach unserer Ansicht sehr einfache Erscheinung mit Hülfe bekannter physikalischer Gesetze zu erklären.

In dem Augenblick, wo man den Topf vom Feuer zieht, hört das Wasser nicht sofort auf zu sieden. Eine gewisse Quantität von Dampf ist eben im Moment der Entstehung; aber dieser Dampf kann sich nur auf Kosten der im untern Theile des Topfes enthaltenen Wärme bilden; man weiß nun aber, daß Wasser von 100°, um Dampfform anzunehmen, 537 Wärmeeinheiten absorbirt; ferner ist bekannt, daß die specifische Wärme des Eisens nur 0,1138 beträgt, und wir wollen annehmen, daß die des Gußeisens davon wenig

differirt. Hiernach ist es nicht überraschend, daß der Topf sich sofort abkühlen und ebenso schnell wieder erhitzen muß, sobald das Wasser aufhört zu sieden, da sich das Gleichgewicht der Temperatur schnell zwischen Gefäß und Inhalt herstellt.

Nach der alten Theorie scheinen mir der sechsundsechzigste und siebenundsechzigste Versuch durchaus unerklärbar, während man sie nach der Ampère'schen Theorie sehr leicht begreift.

Bei jenem Versuch sehen wir unter dem Wasser und nicht in dessen Masse sich Blasen in Berührung mit der Schale bilden. Der Grund ist folgender: Die Molecule des Wassers und die des Platins vibriren unisono, aber die Schwingungen des letztern sind mit seinem festen Zustande vereinbar; die des Wassers im flüssigen Zustande haben weniger Stabilität, sie besitzen mehr Neigung, in den gasförmigen Zustand überzugehen. Wenn daher die vibrirende Bewegung des Platins sich auf die des Wassers übertragen kann, so wird dasselbe zerbrechen, das heißt Dampfform annehmen, da die Amplitude seiner Molecularvibrationen nicht mehr mit seinem flüssigen Zustande vereinbar ist.

Man würde weder die Verdampfung noch das Sieden des Wassers der Entfernung des atmosphärischen Druckes zuschreiben können, da das Sieden unter dem Wasser in Berührung mit der Schale beginnt; ich will bei alledem nicht behaupten, daß der Druck der Atmosphäre ohne Einfluß sei, aber ich glaube, daß hier nur von einem vollkommen secundären Einflusse die Rede sein kann, wie man gleich sehen wird.

Im siebenundsechzigsten Versuch befindet sich das Wasser im sphäroidalen Zustande, aber infolge einer andern Ursache als der Wärme; in diesem Falle kann das Wasser die Schale nicht berühren, es kann höchstens in einem Punkte mit dem Lampenruß in Berührung stehen, wenn man überhaupt eine Berührung annehmen darf. Es erfolgt jetzt durchaus kein Sieden und die Zustandsänderung ist äußerst langsam, obwol die Oberfläche des Wassers in diesem Versuch ungleich größer ist als im vorigen. Jetzt aber kann auch die Dampfbildung nur auf Kosten der dem Wasser eigenen vibrirenden Bewegung erfolgen.

Der Unterschied in der Verdampfungszeit bei diesen beiden Versuchen zeigt deutlich den geringen Einfluß des atmosphärischen Drucks auf die Dampfbildung, wenigstens in den vorliegenden Fällen.

Ich werde nun nicht länger bei der Anwendung der Ampère'schen Theorie zur Erklärung der Erscheinungen des sphäroidalen Zu-

standes verweilen. Diese Andeutungen genügen, um eine Idee von meinen Ansichten zu geben, denen ich übrigens nur eine sehr untergeordnete Bedeutung beimesse. Aber man hat von mir eine Theorie verlangt, und es war meine Pflicht, eine solche aufzustellen; ich habe die gegeben, welche mir bei der gegenwärtigen Lage der Dinge hinreichend genau erscheint.

Nichtsdestoweniger übergebe ich sie mit Zurückhaltung, wenn auch immerhin mit Vertrauen, dem Urtheil der Physiker, und zwar weil die Versuche nicht behufs einer Theorie angestellt sind, wol aber die Theorie zur Erklärung der Versuche entworfen ist. Als ich die in diesem Werke beschriebenen Versuche ausführte, war ich um keine Theorie besorgt, von keiner vorgefaßten Meinung erfüllt und wußte von keinem vorher bestimmten Ziele, das um jeden Preis hätte erreicht werden müssen. Ich habe die Versuche begonnen, um das Phänomen unter jeder Form zu studiren, aber ohne mich vorher irgendwie um die Resultate zu kümmern, die daraus hervorgehen konnten; und aus diesem Grunde übergebe ich die Theorie, so unvollkommen sie auch ist, mit einigem Vertrauen, da ich im Laufe meiner Untersuchungen durchaus nicht gegen den störenden Einfluß eines vorher formulirten Systems anzukämpfen hatte.

Ich verlasse jetzt einstweilen das Gebiet der Speculation und betrete wiederum das der Thatsachen.

§. 6. Folgen die Körper im sphäroidalen Zustande dem Newton'schen Attractionsgesetze?

Man hat durch die Beschreibung des achtunddreißigsten Versuchs erfahren, daß das Volumen der Sphäroide in umgekehrtem Verhältniß zu ihrem specifischen Gewicht zu stehen scheint, woraus folgt, daß ihre Massen einander gleich sein können.

Dieser wichtige Gegenstand verlangt von neuem geprüft zu werden. Unglücklicherweise habe ich, aus Mangel an Instrumenten und Zeit, diese Untersuchungen nicht vollständig zum Abschluß bringen können. Trotzdem hoffe ich, daß die größten Schwierigkeiten beseitigt und die erhaltenen Resultate merkwürdig genug sind, um wenigstens für einen Augenblick die Aufmerksamkeit der Physiker zu fesseln.

Ich bin gegenwärtig beinahe fast davon überzeugt, daß die verticale Achse der Sphäroide für jeden Körper eine bestimmte und für denselben Ort unwandelbare Länge besitzt, die sich aber wahrscheinlich mit der Entfernung vom Mittelpunkte der Erde ändert.

Die größte Schwierigkeit liegt in der Auffindung des Mittels, diese Länge zu bestimmen.

Wenn, wie ich voraussetze, die verticale Achse unveränderlich ist und dem Durchmesser der eingeschriebenen Kugel entspricht, so würde es sich einfach darum handeln, eine horizontale Metallplatte zu erhitzen und die zu untersuchende Materie in genügender Menge darauf zu bringen, um ein so weit abgeplattetes Sphäroid zu erhalten, daß die größte Länge der Achse als erreicht zu betrachten ist. Dann wird man mit Hülfe eines passend aufgestellten Fernrohrs oder eines Kathetometers die Entfernung der Platte vom höchsten Punkte des Sphäroids erkennen, und diese Länge entspricht sehr annähernd dem Durchmesser der dem zu untersuchenden Körper eigenthümlichen Kugel. Hieraus wird man leicht das Volumen und die Masse berechnen können.

Doch liegt hier eine Fehlerquelle vor, welche nicht vernachlässigt werden darf, und die in dem Zwischenraum zwischen dem Sphäroid und der Platte liegt, da diese Entfernung mit dem specifischen Gewicht des Körpers und der Temperatur der Platte variirt.

Die Bestimmung des Volumens und der Masse der Körper im sphäroidalen Zustande unterliegt daher ernsten Schwierigkeiten, die ich jedoch mit der Zeit und durch fortgesetzte Bemühungen zu überwinden hoffe.

Vorläufig lasse ich hier eine Beschreibung des Verfahrens folgen, welches ich zur Auffindung der nöthigen Zahlen angewendet habe. Ich hebe nochmals hervor, daß ich sie nur als Approximationen aufführe.

Mein Verfahren stützt sich auf folgende Thatsache. Wenn man einen Tropfen Wasser auf eine horizontale bis zur nöthigen Temperatur erhitzte Metallplatte fallen läßt, so bildet er eine Kugel; fügt man neue Wassermengen hinzu, so plattet sich die Kugel ab und es entsteht ein Sphäroid. Die verticale oder kleine Achse ist jetzt unveränderlich (?) und hat eine Länge von ungefähr 7 Millimeter, während der horizontale Durchmesser und die große Achse sich unbestimmt und proportional der zugefügten Wassermenge verlängern kann.

Da aber das Sphäroid sehr beweglich ist, so schützt man es mittels eines Silberringes gegen das Abfließen von der Platte, während diese selbst durch Stellschrauben in eine horizontale Lage gebracht wird.

Dann taucht man in den Mittelpunkt des Sphäroids einen kleinen Cylinder von blau angelassenem Stahl, zieht diesen sofort heraus und mißt die Länge des benetzten Theiles mittels eines Zirkels in einer Millimeterscala.

Um die Länge der verticalen Achse des Quecksilbers zu messen, habe ich mich einer horizontalen Glastafel und eines Zinnstäbchens bedient.

Folgendes sind die Längen der verticalen Achsen für Quecksilber, Wasser, Alkohol und Aether, und die daraus berechneten Volumina und Massen:

Name der Substanz.	Länge der verticalen Achse oder des Durchmessers der Kugel.	Volumen der Kugel.	Dichtigkeit der Substanz.	Product aus Volumen und Dichtigkeit.	Gewicht oder Masse der Sphäroide auf die Einheit bezogen.
	Millimeter.				Gramm.
Quecksilber.	= 3,0	14,1378	13,5	0,190	1,061
Wasser	7,0	179,6033	1	0,179	1,000
Alkohol	7,5	220,9042	0,838	0,185	1,033
Aether	8,0	268,0960	0,712	1,90	1,061

Die Differenz zwischen den Massen ist ziemlich bedeutend, doch kann dies einestheils daher kommen, daß ich ein sehr rohes Mittel zur Messung der Achse der Sphäroide angewendet habe, anderntheils aber auch daher, daß bei den drei letzten Körpern noch Correctionen wegen der Temperatur anzubringen gewesen wären. Indeß sind diese Abweichungen nicht groß genug, um mich von der Annahme zurückzuhalten, daß das allgemeine Gesetz der Attraction auf die Körper im sphäroidalen Zustande anwendbar sei. Dieses Gesetz lautet: Die Himmelskörper ziehen einander im directen Verhältnisse der Masse, im umgekehrten der Quadrate der Entfernungen an.

Die Attraction der Erde wird in allen in diesem Werke beschriebenen Versuchen durch die Repulsionskraft, welche die Wärme in der Materie erzeugt, aufgehoben, und da diese Attraction an demselben Orte der Erde sich gleichbleibt, so muß die Masse der Körper im sphäroidalen Zustande ebenfalls constant dieselbe bleiben, aber das Volumen der Sphäroide muß mit ihrem specifischen Gewicht variiren; und dies ist in der That der Fall. Das Volumen des Quecksilbersphäroids ist das kleinste und das des Aethers das größte, und die Volumina der vier Körper multiplicirt mit ihren respectiven Dichtigkeiten geben fast dieselben Producte.

Ich wiederhole es daher mit voller Zuversicht: Die Körper im sphäroidalen Zustande gehorchen den Gesetzen der Attraction und können in Bezug auf unsere Erde als wahre Satelliten betrachtet werden.

Gießt man wenig Wasser auf eine glühende oder auch nur bis 200° erhitzte Fläche, so geht es in den sphäroidalen Zustand über, bildet eine kleine schwebende Kugel und läßt einen gewissen Zwischenraum zwischen sich und der Fläche. Jetzt ist die Attractionskraft der Erde durch die Repulsionskraft der Fläche neutralisirt, die beiden Kräfte halten einander das Gleichgewicht. Sobald man aber die Masse der Kugel vermehrt, erlangt die Anziehung der Erde das Uebergewicht, der Körper im sphäroidalen Zustande wird stärker angezogen, er plattet sich ab, nimmt die Form eines Sphäroids an; dasselbe geht häufig in andere Formen über, die sich alle auf mehr oder weniger zahlreiche, einander in horizontaler Richtung senkrecht schneidende Ellipsoide reduciren.

Es ist in diesem Werke häufig von Repulsionskräften die Rede gewesen, während Viele nicht geneigt sind, an die Existenz von Repulsionskräften zu glauben, und annehmen, daß Alles durch Attraction erfolgt und die Repulsion in der Natur nicht vorkommt. Dies ist ein Irrthum. Die Repulsion ist die nothwendige Consequenz der Attraction; denn „es ist ein allgemeines Gesetz der Natur, daß die Reaction stets gleich und entgegengesetzt der Action ist.“ (Laplace.)

Wenn meine Ansichten richtig sind, so muß sich die Masse unserer Satelliten vermehren und ihre Temperatur beträchtlich vermindern, wenn man in niedrigern Breiten experimentirt; dagegen muß in den höhern Breiten die Masse der Sphäroide abnehmen und ihre Temperatur sich erhöhen.

Wird es mir möglich sein, diese interessanten Fragen zu lösen? Möchte mir dies erlaubt sein zu hoffen! Wäre es nicht höchst gerecht, daß Derjenige, welcher das Glück gehabt hat, einige Entdeckungen zu machen, nun auch berufen sei, sie vollständig zu entwickeln? Man muß hier wohl ins Auge fassen, daß es sich nicht um Hypothesen handelt, die ernster Männer unwürdig sind, sondern um Thatsachen; und wenn ich zuweilen theoretische Ansichten auszusprechen gewagt habe, so waren sie stets auf Versuche gestützt, die alle Welt prüfen kann. Welches Buch enthält mehr neue Versuche als dieses? Wenn es ein solches gibt, so möge man es nennen.

Nachdem Berzelius meine ersten Versuche kritisirt, schließt er seinen Bericht über dieselben: „Es ist zu wünschen, daß man diese Untersuchungen fortsetze.“ Kann ein von diesem berühmten Gelehrten ausgesprochenes Wort unerfüllt bleiben? (Jahresbericht von 1845.)

Aber ich schrecke fast vor der großen Zahl von Versuchen zurück, die noch zu machen sind, und die auf den höchsten Bergen in der Nähe des Aequators, wie in den tiefsten Bergwerken der Polargegenden wiederholt werden müssen. Sie können, wie Bresson sagt, das Leben mancher Physiker ausfüllen.

Ich kann dies Capitel nicht beschließen, ohne eine Frage auszusprechen, welche Einige zum Lächeln zwingen und lebhaft die Neugier Anderer erregen wird. Ist das Kepler'sche Gesetz, welches ausspricht, daß in gleichen Zeiten gleiche Flächen beschrieben werden, auf den einundsechzigsten Versuch anwendbar?

Jetzt da es, wie ich glaube, bewiesen ist, daß die Körper im sphäroidalen Zustande den Gesetzen der Attraction unterworfen sind, daß sie Eigenschaften von Himmelskörpern besitzen, jetzt kann man mit großer Wahrscheinlichkeit zugeben, daß diese ihrerseits Eigenschaften von letztern besitzen. Dies ist eine Kette ohne Ende, mittels deren man von den irdischen Erscheinungen zu den himmlischen hinauf-, und von diesen zu jenen wieder herabsteigen kann. Ich will dies in dem folgenden Paragraphen versuchen, in welchem ich meine Ansichten über die Kosmologie auseinandersetze; vorher jedoch will ich den sphäroidalen Zustand in der Art, wie ich ihn auffasse, zu erklären suchen. Diese Erklärung ist auf die folgenden charakteristischen Fundamentaleigenschaften basirt:

1) die abgerundete Form, welche die Materie auf einer bis zu einer gewissen Temperatur erhitzten Fläche annimmt;

2) die permanente Entfernung, welche zwischen dem sphäroidalisirten und dem sphäroidalisirenden Körper besteht;

3) die Eigenschaft, die strahlende Wärme zu reflectiren;

4) die Aufhebung der chemischen Wirkung;

5) die Beständigkeit der Temperatur der Körper im sphäroidalen Zustande.

Hiernach lautet die Definition folgendermaßen:

Ein auf eine heiße Fläche geworfener Körper ist im **sphäroidalen Zustande**, wenn er eine abgerundete Gestalt annimmt und auf dieser Fläche außerhalb der chemischen und physikalischen Wirkungssphäre verharrt; dann reflectirt er die strahlende Wärme und seine Molecule sind, in Bezug auf die Wärme, in einem Zustande von stabilem Gleichgewicht, das heißt, sie zeigen eine unveränderliche oder nur zwischen sehr engen Grenzen schwan-

kende Temperatur, während die der erhitzten Oberfläche unbestimmt erhöht werden kann.

Diese Definition, welche den Fehler hat, ein wenig lang zu sein und an einigen Stellen gegen die Regeln zu verstoßen, könnte kurz folgendermaßen gefaßt werden:

Ein Körper befindet sich im sphäroidalen Zustande, wenn seine Temperatur auf einer Oberfläche, die er nicht berührt und deren Temperatur beliebig erhöht werden kann, unveränderlich bleibt; oder: Alle Körper, deren Temperatur auf einer Oberfläche, mit der sie nicht in Berührung stehen, und deren Temperatur beliebig gesteigert werden kann, unveränderlich bleibt, befinden sich **im sphäroidalen Zustande.**

Wenn man mit dieser Erklärung die von Liebig für flüssige Körper gegebene vergleicht, so erkennt man ohne weiteres die Grundverschiedenheiten dieser beiden Arten von Körpern. Liebig sagt: „Die flüssigen Körper nehmen die Form der Gefäße an, in welchen sie enthalten sind, ihre Molecule sind sehr beweglich. Wenn sie in Ruhe sind, so nehmen sie eine horizontale Oberfläche an."

§. 7. Kosmologie.

„Die größten Wahrheiten erfodern stets lange Zeit ehe sie in der Wissenschaft Eingang finden."

H. Buignet.

„Denke für dich selbst und urtheile nicht auf die Worte Anderer hin."

Descartes.

Man muß auf das tiefste überzeugt sein, wie ich es bin, um die Behandlung eines solchen Gegenstandes zu wagen; und sicher würde ich dieselbe nicht unternehmen, wenn für irgend Jemand oder irgend etwas die geringste Inconvenienz daraus erwachsen könnte.

Es ist indessen möglich, daß ich mich täusche und daß ich mir über viele Punkte des Systems, welches ich aufzustellen gedenke, Illusionen mache; doch ist dies nicht der Weg, den der menschliche Geist durchläuft? Er gelangt von einem Irrthum zum andern, von einer Voraussetzung zur andern, bis endlich die Hypothesen mit den Beobachtungen in Uebereinstimmung sind. Aber die Irrthümer der Speculation haben nicht die traurigen Consequenzen wie die Irrthümer

in der Praxis, vorzüglich wenn sie nicht durch die Autorität des Namens empfohlen werden.

Das Weltall, sagt Newton, ist auf einen Wurf geschaffen. Buffon, der in diesem großen Gedanken ohne Zweifel die Einfachheit der Wahrheit sieht, ergreift ihn und zeigt uns mit dem ganzen Pompe des Stils und dem Reichthume des Ausdrucks, den man in seinen Werken findet, daß alle Planeten unsers Systems aus der Sonne gefallen sind, wie eine ungeheure Cascade entzündeter Materie. Ein Komet, der schief auf die Sonne gestoßen, hat, nach diesem großen Naturforscher, Ströme von feuriger Materie von ihr hinweggeschleudert, aus welcher, nachdem sie sich zusammengeballt und im Weltenraum in ungleicher Entfernung verbreitet hat, die Planeten und ihre Satelliten entstanden sind. Die dichtern Theile bildeten die Planeten, welche der Sonne am nächsten stehen, und die am wenigsten dichten wurden nach den äußersten Grenzen unsers Planetensystems geworfen, während die Massen von mittlerer Dichtigkeit zwischen diesen beiden blieben.

Dies ist ein Abriß der Buffon'schen Ansicht über die Entstehung der Planeten.

Heute hat dieses System wenig Anhänger, und die Haupteinwürfe, die ihm gemacht wurden, sind nicht ohne Bedeutung. Zunächst ist es schwer zu begreifen, wie ein Komet, der auf die Sonne stößt, sich wieder von ihr entfernen könnte, da er doch durch die mächtige Anziehungskraft dieses Himmelskörpers hätte zurückgehalten werden müssen, eine Kraft von solcher Stärke, daß 150 Kilogramm an der Oberfläche der Erde 1500 Kilogramm an der Oberfläche der Sonne betragen würden. Wenn daher ein Komet mit der Sonne zusammengestoßen wäre, so müßte diese ihn absorbirt haben. Aber man kann auch nicht zugeben, daß ein Komet in die Sonne eingedrungen wäre, da man jetzt die Repulsionskraft glühender Oberflächen kennt. (S. den achtundzwanzigsten und zweiundsechzigsten Versuch und den Bericht der Herren von Becquerel, Despretz und Babinet, S. 134 fg.) Man kann, sage ich, nicht mehr annehmen, daß ein Komet in die Sonne eingedrungen und sie so aufgewühlt haben könnte, daß Bruchstücke davon in den Weltenraum gedrungen wären. Uebrigens glaubt man ja bestimmt zu wissen, daß die Kometen nur eine höchst geringe Masse besitzen.

Dennoch ist das Buffon'sche System nicht vollständig gefallen. Die Anhänger desselben stützen sich darauf, daß die Rotations- und Umlaufbewegungen der Planeten alle in demselben Sinne, von Westen

nach Osten, und fast in derselben Ebene erfolgen. Die Drehung der Sonne selbst geschieht in demselben Sinne wie die der Planeten, und nach den Astronomen ist mehr denn 4 Milliarden gegen 1 zu wetten, daß alle diese Bewegungen in gleichem Sinne nicht das Werk eines Zufalls sein können. Hier ist wieder an das Newton'sche Wort zu erinnern: Das Weltall ist auf einen Wurf geschaffen. Wenn dies nicht der Fall gewesen ist, so ist es wenigstens überaus wahrscheinlich, daß die successive Formation der Planeten infolge einer einzigen Ursache geschah, die stets auf dieselbe Weise gewirkt hat.

Die Vertheidiger der Buffon'schen Ansicht stützen sich ferner auf die Unbeständigkeit des menschlichen Wissens, auf die Unmöglichkeit oder die mehr oder weniger große Schwierigkeit, Wahrheit von Irrthum zu unterscheiden. Und ohne weit umherzublicken, wird es uns nicht schwer werden, eine große Zahl von Thatsachen zu finden, welche zeigen, wie schwierig der Fortschritt ist und wie langsam der menschliche Geist sich entwickelt.

Die physikalischen und chemischen Theorien haben selten länger als ein Vierteljahrhundert bestanden. Die elektro-chemische Theorie von Berzelius, die so befriedigend war (und die es für Viele immer noch ist), wird mit Energie von einem unserer berühmtesten Chemiker angegriffen. Sagte er nicht von dieser Theorie: „Man muß es bekennen, es ist nichts daran?"

Das Atomgewicht des Kohlenstoffs, welches als entschieden festgestellt angesehen wurde, ist von Dumas und Stas geändert, und aus den Arbeiten dieser beiden Chemiker folgt nothwendig, daß alle die Formeln, in denen der Kohlenstoff vorkam, geändert werden mußten. Man hat bisher angenommen, daß der Diamant reine Kohle sei; allein durch Dumas und Regnault ist bewiesen, daß derselbe aus Kohle und einer unverbrennlichen Substanz von netzförmiger Structur besteht, deren Natur sie, soviel ich weiß, noch nicht bestimmt haben.

Das Uranoxydul (urane), welches eine zeitlang als ein einfacher Körper betrachtet wurde, hat Peligot zerlegt und nachgewiesen, daß dasselbe aus Sauerstoff und einem Metall bestehe, welches nunmehr Uran (uranium) heißt.

Doch ich würde nie zu Ende kommen, wollte ich alle die Irrthümer aufzählen, welche eine zeitlang für Wahrheit gegolten. Man muß daher zugeben, daß Das, was man weiß, nichts ist, im Vergleich zu Dem, was man nicht weiß; und der Abstand des Menschen, der am meisten weiß, von Dem, der nichts weiß, ist weniger groß als man glaubt. Es werden daher noch Jahrhunderte vergehen, ehe eine

einzige Theorie auf einer einigermaßen festen Grundlage aufgebaut werden kann. Ist aber damit gesagt, daß man sich nur darauf beschränken muß, nur immer zu beobachten und Thatsachen zu sammeln, ohne jemals an eine Zusammenordnung derselben zu denken? Gewiß nicht. Dies wäre vielleicht die bessere Methode, allein sie ist entmuthigend und das Studium der Wissenschaften müßte äußerst trocken sein. Man muß sich nur hüten, den Theorien größere Geltung beizulegen als sie besitzen, und sie nur als Mittel betrachten, ohne Schwierigkeit eine größere Zahl von Thatsachen überblicken zu können.

„Wenn die Menschen sich darauf beschränkten, Thatsachen zu sammeln, wäre die Wissenschaft nichts als eine unfruchtbare Nomenclatur, und niemals hätte man die großen Gesetze der Natur erkannt. Durch Vergleichung der Facta miteinander, durch Auffindung ihrer Beziehungen, und endlich durch Hinaufsteigen zu immer ausgedehntern Phänomen ist man dahin gelangt, diese Gesetze aufzufinden.“ (Laplace.)

De Laplace hat ein anderes System aufgestellt. Nach ihm bestand die Sonne in einer weiten Nebelmasse, welche unser ganzes Planetensystem umfaßte. Eine excessive Wärme hielt die Atmosphäre der Sonne bis über den Neptun, den äußersten unserer Planeten, ausgedehnt, welche sich successiv aus dieser feurigen Atmosphäre durch Condensation der Dampfzonen, aus der sie bestand, durch Abkühlung bildeten und in der Ebene ihres Aequators zurückblieben.

Zwei Dinge sind möglich: entweder befand sich die Sonne sammt ihrer Atmosphäre in der rotirenden Bewegung, die man an ihr erkannt hat, oder sie verharrte in einem Zustande vollkommener Ruhe.

Im erstern Falle war es zur Bildung eines Planeten aus der Sonnenatmosphäre nöthig, daß ein Punkt derselben stillzustehen oder wenigstens sich langsamer zu bewegen begann, damit allen Moleculen, welche den zukünftigen Planeten bilden sollten, Zeit gegeben wurde, sich mit dem ersten Molecul zu vereinigen; oder während das Kernmolecul seine Bewegung gleichmäßig fortsetzte, mußten alle andern eine immer größere Geschwindigkeit erlangen, um jenes einzuholen, oder endlich konnte auch die Bewegung der einen beschleunigt, die der andern verzögert werden. In allen Fällen, wo es sich um die Bewegung von Moleculen in Form einer Hohlkugel handelt, deren Wände eine gewisse Dicke haben, begreift man, daß die Bewegungen dieser Molecule äußerst complicirt sein müssen, da jedes Molecul einen andern Raum und eine andere Bahn zu durchlaufen hat.

Man lasse in der Vorstellung eine Bombe sich um ihre Achse drehen, denke sich alle Molecule derselben unabhängig voneinander und

vollkommen beweglich, und lasse dieselben plötzlich zu einer gegebenen Zeit alle auf einmal sich auf eines der Molecule in der Mitte der Wanddicke der Bombe werfen, so wird man eine hinreichend genaue Vorstellung haben, was sich nach De Laplace ehemals bei der Formation jedes einzelnen Planeten zugetragen haben muß.

In dem andern Falle, wo man die Sonne als feststehend annimmt, sind die Schwierigkeiten noch größer. Denn man müßte voraussetzen, daß zu einer gewissen Zeit alle Molecule, mit Ausnahme eines, sich in Bewegung gesetzt haben, um sich um das eine unbeweglich gebliebene zu gruppiren.

Befestigt man die Bombe, die sich soeben in einer rotirenden Bewegung befand, so versteht man leicht meine Gedanken.

Doch dies ist nicht Alles: nachdem die Planeten gebildet waren, mußte dann eine neue Kraft ihnen die doppelte Drehung um sich selbst und um die Sonne mitgetheilt haben .... [1]

---

[1] Herr William Thomson hat an die Akademie der Wissenschaften unter dem Titel: „Sur les antécédents mécaniques du mouvement de la chaleur et de la lumière" eine beachtenswerthe Arbeit adressirt, aus welcher die Sitzung des 8. Juni 1855 einige Auszüge veröffentlicht hat. Wir theilen davon folgende Stellen mit:

....

„Man muß daher die Sonne als die Quelle betrachten, aus welcher die mechanische Kraft aller Bewegungen und aller Wärme der lebenden Wesen, sowie aller Bewegungen des Lichts und der Wärme aller künstlichen Feuer fließt.

„Die natürlichen Bewegungen der Luft und des Wassers ziehen ohne Zweifel zum Theil ihre mechanische Kraft aus dem Lichte der Sonne, aber sie rührt auch theilweise von der Drehung der Erde und den relativen Bewegungen und den Kräften her, welche zwischen Erde, Sonne und Mond wirken. Wenn wir die Verbrennung des gediegenen Schwefels und des Meteoreisens ausnehmen, so empfängt jede Art der Bewegung (Licht und Wärme mit inbegriffen), welche in der Natur oder auf Veranlassung des Menschen stattfindet, ihre mechanische Kraft entweder von der Sonnenwärme oder von den Kräften, welche in den verschiedenen Theilen des Sonnensystems walten.

„In einem kürzlich der königlichen Societät von Edinburg mitgetheilten Mémoire hat der Verfasser darauf hingewiesen, daß die Wärme der Sonne wahrscheinlich durch die Friction erzeugt wird, welche in ihrer Atmosphäre zwischen ihrer Oberfläche und einem Dampfwirbel stattfindet, der äußerlich durch die Verdampfung von kleinen Planeten in einer benachbarten sehr heißen Region unterhalten wird, und daß diese Planeten die Sonne nach einem spiralförmigen Verlauf erreichen, um dann in einem Regen von Meteorsteinen auf ihre Oberfläche niederzufallen, nachdem sie die einen sehr bedeutenden Widerstand leistende Lichtatmosphäre durchsetzt haben.

„Um diese Untersuchungen fortzusetzen, muß man sich fragen, aus welcher

Alles Dies ist sehr complicirt, aber es ist nicht unmöglich: nichts ist der höchsten Intelligenz unmöglich, welche das Weltall und seine Gesetze schuf.

Nach Poisson hat sich die Erde einst in viel heißern Regionen befunden als gegenwärtig, und hieraus will er die Zunahme der Temperatur der Erde immer bis zu einer gewissen Tiefe erklären; allein er nimmt nicht an, daß diese Zunahme sich bis nach dem Mittelpunkt erstrecke, und wir glauben, daß er Recht hat. „Die Erdkugel", sagt er, „läßt sich mit einem sehr voluminösen Körper vergleichen, den man vom Aequator nach den Polen transportirt hat, und zwar in einer so kurzen Zeit, daß er sich nicht völlig abkühlen

---

Quelle die großen und kleinen Planeten die mechanische Kraft ihrer Bewegung schöpfen. Auf diese Frage können die Schlußfolgerungen der Mechanik mit vollem Rechte angewendet werden. Denn wir wissen, daß die innenwohnende Gravitationskraft dieser Körper im Laufe der Zeiten allmälig abnimmt, da sie theilweise zur Beschleunigung ihrer Bewegung, theilweise zur Erzeugung von Wärme verbraucht wird; und wir können diese Art der Action auf Billionen vergangener Jahre mit ebenso wenig Präsumtion übertragen, wie auf einen einzigen Tag der Zukunft. Ziehen wir daraus Schlüsse für zukünftige Zeiten, so ergibt sich, daß das Ende der Welt als Wohnsitz für den Menschen oder jede lebende Creatur, Thier oder Pflanzen, wie sie heute existiren, mechanisch unvermeidlich ist; und thun wir dasselbe bezüglich der Vergangenheit nach den aus allen natürlichen Vorgängen, die uns zu beobachten gestattet war, abgeleiteten Gesetzen der Materie und der Bewegung, so finden wir, daß es eine Zeit gegeben haben muß, wo die Erde ohne Sonne zu ihrer Erleuchtung, die übrigen uns als Planeten bekannten Körper und alle die andern zahllosen planetaren Massen, die wir heute im Zodiakallichte erblicken, unendlich weit voneinander und allen übrigen festen Körpern des Weltenraumes entfernt sein mußten.

. . . .

„Indem der Verfasser die Bewegungen, die wir heute wahrnehmen, nach den bekannten Gesetzen der Bewegung und der Wärme in unendlich ferne Vergangenheit überträgt, gelangt er zu dem Schlusse, daß die Körper, welche unser Sonnensystem bilden, im Raume unendlich weiter entfernt sein mußten als sie es heute sind. Er bemerkt, daß die gegenwärtig bestehende Theorie der Nebelflecken, nach der man einen primitiven Gaszustand annimmt, falsch, und nach den Ansichten, die er vorher ausgesprochen, durchaus das Gegentheil der Wahrheit sei; weil diese Ansichten darthun, daß die Verdampfung die nothwendige Consequenz der durch Stoß und Reibung erzeugten Wärme ist, und weil die Vergangenheit und die gegenwärtige Tendenz der Materie in der Zusammenhäufung des Festen und Flüssigen besteht, verbunden mit einer graduellen Vermehrung des in den Weltraum hinaus verdampften luftförmigen Fluidums."

konnte. Bei diesem Körper wird sonach von der Oberfläche nach dem Innern eine Zunahme der Temperatur stattfinden, die sich indessen nicht bis zum Mittelpunkt fortsetzen konnte.[1]

Buffon und Laplace stimmen in einem Punkte überein: sie lassen Beide die Planeten aus der Sonne entstehen. Heute ist damit Jeder einverstanden, und was die Erde speciell betrifft, glaubt man allgemein, daß sie feurig-flüssigen Ursprungs sei. Nun aber gibt es in unserm System keine andere Feuerquelle als die Sonne. Das vollkommenste Einverständniß herrscht daher über diese Annahme, welche einen secundären neptunischen Ursprung nicht ausschließt.

Wie Buffon und Laplace lasse ich die Planeten aus der Sonne entstehen, doch ohne die Intervention eines Kometen, noch durch eine Abkühlung der Sonnenatmosphäre, noch durch ähnliche complicirte Molecularbewegungen.

Das System, welches ich aufstelle, ist auf die vibrirende Bewegung der Materie und auf den Mangel des Wärmegleichgewichts im sphäroidalen Zustande begründet, das heißt auf Eigenschaften, die wir kennen, und auf den Satz: „Der Theil besitzt die Eigenschaft des Ganzen.“[2]

Ehe ich jedoch meine Ansichten über die Ursache der Formation der Planeten und ihrer Satelliten auseinandersetze, will ich an einige allgemein angenommene astronomische Sätze erinnern, um zu zeigen, daß unser Planet, ungeachtet seines Umfangs von 40 Millionen Meter, doch nur ein mikroskopischer Punkt im Weltraum ist.

Wenn man in einer schönen Herbstnacht das Auge am Himmelsgewölbe umherschweifen läßt, so begegnet es einer ungeheuern Anzahl von Sternen. Ist diese Zahl bekannt? Nein, und niemals wird man sie erfahren; man nimmt an, daß sie unendlich sei. Die Zahl der bereits verzeichneten Sterne ist größer als 20,000, und W. Her-

---

[1] Poisson, „Théorie mécanique de la chaleur“, S. 438.

[2] Der Mangel des Gleichgewichts der Wärme muß hier auf Umgebung und Umgebenes bezogen werden, weil die Körper im sphäroidalen Zustande selbst sich beständig in einem stabilen Gleichgewicht befinden. So besitzt die Schale der Kugel die Temperatur x, während der glühende Kern eine andere Temperatur $> x$ zeigt. Erstere ist variabel oder in einem stabilen Gleichgewicht, letztere constant, d. h. wie wir gesagt haben, in einem Zustande stabilen Gleichgewichts.

Wer wollte zu behaupten wagen, daß dieser Zustand stabilen Gleichgewichts nicht die conditio sine qua non alles Lebens an der Oberfläche unsers Planeten sei?

schel hat bei genauer Beobachtung einzelner Stellen der Milchstraße das Gesichtsfeld seines Teleskops mehr als 50,000 Sterne innerhalb einer Zone von nur 2 Graden und während einer einzigen Stunde passiren sehen. Laplace nimmt an, daß 10 Milliarden Sterne existiren können; er hätte aber dreist diese Zahl auf 100 Milliarden, ja auf eine Million Milliarden schätzen können, und wäre sicher noch unterhalb der Wahrheit geblieben; denn man kann es sich leicht vorstellen, daß außerhalb des für uns sichtbaren Raumes andere zehn mal, hundert mal . . ., Milliarden mal ausgedehntere Räume existiren müssen. Aber sobald sich der Geist zu diesen schwindelnden Höhen erhebt, sinkt er wie vom Blitz getroffen vor der unmeßbaren Gewalt des Lenkers des Universums zurück, dieses Universums, das in seiner extensiven Erhabenheit von keinem menschlichen Geiste gefaßt werden kann, seit Ewigkeit jedoch in der vollendetsten Ordnung besteht.

Die Sterne sind nach ihrem Glanze oder ihrer scheinbaren Größe classificirt worden. Die Intensität des Lichtes ist für jeden einzelnen Stern sehr variabel, wie man sich auf den ersten Blick und ohne astronomische Instrumente überzeugen kann.

Unter den Sternen, die stets über dem Horizonte von Paris stehen, nimmt Capella oder A des Fuhrmanns wegen ihres glänzenden Lichtes den ersten Rang ein; darauf folgen sechs Sterne des großen Bären, der Polarstern, A des Schwanes, B des Fuhrmanns u. s. w.

Mehre Sterne, die in verschiedener Anzahl nach einer gewissen sehr arbiträren Ordnung nebeneinanderstehen, haben oft sehr lächerliche Namen erhalten: z. B. der Große Bär, der Kleine Bär, Perseus u. s. w. Aber der Große Bär sieht einem Bären ebenso wenig ähnlich als der Befreier der Andromeda einem Helden. Solche Gruppen hat man mit dem Namen der Sternbilder bezeichnet.

Die Astronomen theilen dieselben in Sternbilder des südlichen Himmels des Thierkreises und des nördlichen Himmels ein; die beiden letzten Classen allein sind für uns interessant, da die südlichen Bilder fast alle unterhalb des Horizontes von Paris stehen.

Die Sternbilder des Thierkreises sind: der Widder, der Stier, die Zwillinge, der Krebs, der Löwe, die Jungfrau, die Wage, der Scorpion, der Schütze, der Steinbock, der Wassermann und die Fische.

Die bedeutendsten nördlichen Sternbilder sind: der Große Bär, der Kleine Bär, Kassiopeia, der Drache, Pegasus und Bootes. Ich übergehe hierbei viele mit Stillschweigen, welche man in den astronomischen Werken von Arago, Francoeur, Her-

schel, Mutel, Pontécoulant, Plisson u. s. w. verzeichnet findet.

Man weiß nichts oder wenig über die physische Constitution der Sterne; aber die Astronomen sind durch scharfsinnige Methoden dahin gelangt, die Entfernung der uns am nächsten stehenden zu berechnen; und diese Entfernung ist so groß, daß man sich von ihr nur mit Hülfe der ungeheuern Geschwindigkeit des Lichts eine Vorstellung machen kann.

Das Licht durchläuft in einer Secunde 31,000 Myriameter, und der der Erde am nächsten stehende Stern ist soweit von ihr entfernt, daß das Licht, welches von ihm ausgeht, mehr als sechs und ein halbes Jahr gebraucht, bevor es zu ihr gelangt; oder mit andern Worten: wenn dieser Stern plötzlich verschwände, so würden wir ihn doch noch $6\frac{1}{2}$ Jahr lang sehen. Man findet hieraus durch einfache Rechnung, daß der uns zunächststehende Stern mehr als sechs Trillionen, dreihundertvierundfunfzig Billionen, fünfhundertundvier Millionen Myriameter von der Erde entfernt ist! Aber Herschel geht noch viel weiter: er nimmt an, daß gewisse Nebelflecke erst nach Verlauf von 2 Millionen Jahren ihr Licht bis zur Erde fortgepflanzt haben können!

Der Himmel scheint sich um die Erde zu drehen; doch ist diese Bewegung nur scheinbar. Die Erde dreht sich in einem Zeitraum von 24 Stunden einmal um sich selbst und läßt uns der Reihe nach alle Theile des Himmelsgewölbes erblicken; in gleicher Weise dreht sie sich ungefähr in 365 Tagen und 6 Stunden einmal um die Sonne.

Wenn es anders wäre, wenn also der Himmel sich wirklich um die Erde drehte, so müßte der uns am nächsten stehende Stern 450 Millionen Myriameter in der Secunde durchlaufen, das heißt in dieser einen 112,500 mal so großen Weg zurücklegen als die Erde bei ihrer Drehung um sich selbst. Dies wäre eine in der That undenkbare Geschwindigkeit.

Wir haben weiter oben gesehen, daß die Sterne nicht alle mit demselben Glanze leuchten; dies kann von verschiedenen Ursachen herrühren. Bei gleicher Entfernung kann entweder die Größe der einzelnen Sterne eine verschiedene, oder die Intensität der Verbrennung, oder die vibrirende Bewegung der Materie bei dem einen größer sein als bei dem andern.

Indessen nimmt man allgemein an, daß die Differenz in der Lichtstärke der Sterne in ihrer größern oder geringern Entfernung begründet ist.

Es scheint nach Herschel und nach directen Versuchen von Wollaston, daß das Licht des Sirius, des hellsten Sternes am Himmel, dem von acht Sonnen gleichkomme. Wenn man voraussetzt, was sehr zulässig ist, daß die Intensität des Lichts dem Volumen des Sterns proportional sei, so würde daraus folgen, daß Sirius elf Millionen zweihunderttausend mal so groß wäre als unsere Erde! Kann man hiernach in Abrede stellen, daß unsere Erde nichts als ein mikroskopischer Punkt im Weltenraum sei?

Außer den Fixsternen bemerkt man noch andere leuchtende Weltkörper, welche, wie die Erde, eine doppelte Drehung um ihre Achse und um die Sonne zeigen; dies sind die Planeten, von denen nur drei dem unbewaffneten Auge leicht sichtbar sind: Jupiter, der größte von allen, Mars und Venus. Endlich erblicken wir den Mond, der von Jedem in allen seinen Phasen beobachtet ist.

Verlegen wir jetzt die Zeit unserer Beobachtungen auf den Mittag eines schönen Sommertags.

Die Sonne allein ist sichtbar; sie ist das Centrum unsers Planetensystems; gegen dieses leuchtende Gestirn gravitirt das ganze System und vollendet um dasselbe seinen Umlauf.

Die mittlere Entfernung der Sonne von der Erde ist ungefähr funfzehn Millionen dreihunderttausend Myriameter. Eine Kanonenkugel, welche in der Secunde einen Weg von 840 Meter zurücklegt, würde, wenn sie diese Geschwindigkeit beibehielte, beinahe sechs Jahre gebrauchen, um zur Sonne zu gelangen.

Dies Gestirn ist eine Million vierhunderttausend mal so groß als die Erde; wenn man sich die Erde im Centrum der Sonne stehen denkt, so würde deren Umfang fast doppelt so weit von der Erde entfernt sein, als die Entfernung des Mondes von derselben beträgt.

Die Dichtigkeit der Sonne beträgt ungefähr ein Viertel von der der Erde, und ihre Masse ist gleich der von dreihundertvierundfunfzigtausend neunhundertsechsunddreißig Erden.

Herschel sagt Folgendes über die physikalische Constitution der Sonne:

„Wenn man die Sonne mit einem guten Teleskop beobachtet, welches zum Schutz des Auges mit einem farbigen Glase versehen ist, so bemerkt man häufig an der Oberfläche große vollkommen dunkle Flecke, die von einem weniger dunkeln Rande (Halbschatten) eingefaßt sind. Diese Flecke sind veränderlich. Von einem Tag zum andern, oder selbst von Stunde zu Stunde scheinen sie sich zu erweitern oder zusammenzuziehen, ihre Gestalt zu ändern, dann gänzlich zu ver-

schwinden und an andern Stellen der Oberfläche, wo vorher keine waren, wiederzuerscheinen. Im Falle des Verschwindens zieht sich der dunkle Theil im Centrum mehr und mehr zusammen und verschwindet früher als der Rand; es kommt auch vor, daß die Flecke in mehre dergleichen zerfallen. Alle diese Umstände deuten auf eine außerordentliche Beweglichkeit hin, wie sie nur einer Flüssigkeit, und zwar einer luftförmigen, eigen sein kann. Die Ausdehnung, in welcher diese Bewegungen erfolgen, ist höchst beträchtlich. Eine Winkelsecunde für den irdischen Beobachter entspricht auf der Sonnenscheibe einer Entfernung von 170 Meilen, und eine Fläche von diesem Durchmesser (die gleich 22,000 Quadratmeilen ist) ist der geringste Raum, den man an der Oberfläche der Sonne genau unterscheiden kann. Nun hat man aber Flecke beobachtet, deren kleinster Durchmesser mehr als 16,000 Meilen beträgt; ja wenn man einigen Angaben Glauben schenken darf, so sind Flecke von noch viel größerm Durchmesser gesehen worden. Damit solche Flecke in sechs Wochen (und selten dauern sie länger) verschwinden, müssen die Ränder derselben bei ihrer Annäherung täglich mehr als 360 Meilen beschreiben.

„Andere Umstände tragen dazu bei, das Gesagte zu bestätigen. Der Theil der Sonnenscheibe, welcher frei von Flecken ist, zeigt bei weitem keinen durchaus gleichförmigen Glanz. Der Grund scheint mit einer Menge kleiner dunkler Punkte oder Poren besäet, welche, genau betrachtet, eine fortwährende Veränderung zeigen. Man kann sich diese Erscheinungen am besten vorstellen, wenn man sie mit einem flockigen chemischen Niederschlage vergleicht, der sich langsam in einer klaren Flüssigkeit bildet und von oben aus beobachtet wird. Die Aehnlichkeit ist so auffallend, daß man zu der Annahme eines leuchtenden Fluidums gelangen muß, welches sich, ohne sich zu mischen, mit einer durchscheinenden nicht leuchtenden Sphäre mengt; sei es nun, daß jenes nach Art der Wolken in unserer Atmosphäre schwimmt, oder aber ausgedehnte Flammensäulen, ähnlich denen unserer Nordlichter, bildet."

Die Hypothese von Herschel ist vom Jahre 1801, und Arago hat nachher durch polariskopische Untersuchungen bewiesen, daß der leuchtende Theil der Sonne gasförmig ist. Ich habe durch andere Versuche gezeigt (s. §. 4 des ersten und §. 3 dieses dritten Theils), daß die Körper im sphäroidalen Zustande ein absolutes Reflexionsvermögen besitzen, daß sie in einem glühend heißen Raume verhältnißmäßig kalt bleiben können. Es folgt daraus, daß die Sonne be-

wohnt sein und aus drei concentrischen Sphären bestehen kann, wie dies Herschel und vor ihm Elliot[1] angenommen haben.

Die erste würde gasförmig sein; sie erwärmt und erleuchtet unsern Weltkörper; die zweite bestände aus einer sehr dichten Atmosphäre, die ein absolutes Reflexionsvermögen besitzen müßte; die dritte endlich könnte fest oder flüssig sein, das heißt sich im glühenden Flusse befinden. Der letztere Fall ist der wahrscheinlichere.

Diese Ansichten über die physikalische Constitution der Sonne werden heute allgemein angenommen und als vollkommen genügend anerkannt.

Niemand aber ist, soviel ich weiß, dahingelangt, einen Körper von ähnlicher Constitution wie die Sonne nachzubilden. Durch Zufall und infolge der neuen Thatsachen, die ich beobachtet, und der neuen Eigenschaften, die ich an den Körpern erkannt habe, ist es mir gelungen, die Herschel'sche Hypothese zu bewahrheiten. Es geschieht folgendermaßen:

Man macht eine an der einen Seite durchbohrte Hohlkugel von Metall oder Porzellan weißglühend, gießt 10 — 15 Gramm wasserfreie schweflige Säure hinein und senkt unmittelbar darauf zwei Thermometer in die Höhlung. Die Kugel des einen reicht in das Sphäroid der Säure, und die des andern steht einige Centimeter über demselben. Dieses steigt sofort auf + 300° und zerbricht; das andere sinkt 11° unter Null.

Der Versuch kann in gleicher Weise mit Aether, Alkohol, Wasser u. s. w. angestellt werden, wobei das Thermometer nicht — 11°,

[1] „Der Doctor Elliot hat im Jahre 1787 die Meinung ausgesprochen, daß das Licht der Sonne von einer Art dichtem und allgemein verbreitetem Nordlichte ausgehe. Er nimmt ferner mit den alten Philosophen an, daß dies Gestirn bewohnt sein könne. Als der Doctor wegen Tödtung der Miß Boydell vor den Assisen der Old Bailey stand, behaupteten seine Freunde, unter ihnen der Doctor Simmons, daß er wahnsinnig sei, und glaubten dies durch einen Hinweis auf die Schriften, in denen die eben mitgetheilten Ansichten ausgesprochen waren, unwiderleglich darthun zu können. Diese Phantasien eines Wahnsinnigen sind heutzutage allgemein angenommen. Die Anekdote scheint mir einen Platz in der Geschichte der Wissenschaften zu verdienen. Ich entlehne sie aus dem Artikel «Astronomie» des Doctor Brewster in der «Encyklopädie» von Edinburg." (Arago.)

Ich empfehle diese Notiz dem Nachdenken der Personen, welche mein Buch lesen. Welche Hindeutungen sind darin enthalten!

Elliot ist zu Chard im Jahre 1747 geboren; er eröffnete 1777 eine Apotheke, erlangte 1780 den Doctorgrad, gab aber sein erstes Etablissement nicht auf.

sondern stets eine dem Siedepunkte der angewendeten Flüssigkeit proportionale Temperatur angibt.

Was nun die glühende Kugel sammt dem darin enthaltenen Sphäroid betrifft, so müssen wir darin ein Bild der Herschel'schen Sonne erblicken: eine glühende und leuchtende Hülle, eine Atmosphäre, die den innern Theil vor der Wärme schützt, und endlich einen kalten Kern.[1]

Man wird ohne Zweifel einwenden, daß das Sphäroid die glühende Oberfläche, wie ich nachgewiesen habe, nicht berühren kann, daß der Zwischenraum zwischen beiden sehr klein ist, und endlich daß jenes nicht den Mittelpunkt der Kugel einnimmt, wie dies bei der Sonne der Fall ist.

Ich erwidere darauf, daß, wenn der Vorgang ein anderer wäre, das Newton'sche Attractionsgesetz nicht richtig sein könnte.

Denn die Kugel und das Sphäroid sind beide der Einwirkung der Schwere unterworfen, und das Sphäroid, welches sich frei bewegen kann, muß nothwendig den untersten Raum einnehmen; aber wenn wir das Ganze in den Mittelpunkt der Sonne versetzten, so würde die Resultirende alle Kräfte, welche auf das Sphäroid einwirken, dasselbe nothwendig im Mittelpunkt dieses Gestirns schwebend erhalten. (S. den siebzehnten und fünfundzwanzigsten Versuch.)

Weiter unten wird man sehen, daß dieses Sphäroid eine bedeutende, wenn auch hypothetische Rolle bei der Ursache der täglichen Umdrehung der Planeten spielt.

Das Volumen der Sonne ist so beträchtlich, daß alle Planeten mit ihren Trabanten kaum den 650. Theil dieses Himmelskörpers ausmachen.

Wäre es daher nicht höchst logisch, die bei der Sonne beobachteten Erscheinungen als allgemeine Gesetze anzunehmen? Nun geht aber aus allen bisher angestellten Beobachtungen hervor, daß für die Sonne das Gleichgewicht der Wärme nicht besteht; daher ist dieses Gleichgewicht eine Ausnahme und kein Gesetz, wie man bisher angenommen.

Würde sich das Gleichgewicht der Wärme, wenn es ein Naturgesetz wäre, nicht sicherlich seit Jahrhunderten zwischen allen Schichten

---

[1] Die Aehnlichkeit wäre vollständig, wenn die glühende Hülle gasförmig wäre. Dies ist zwar nicht der Fall, aber das salpetersaure Ammoniak im sphäroidalen Zustande zeigt diese Aehnlichkeit auf die überraschendste Weise. (S. den Anfang des zweiten Theils bis zum dreiundsiebzigsten Versuch incl.)

unserer Erde hergestellt haben? Dies ist aber nicht der Fall, denn es geht aus guten Beobachtungen und Rechnungen hervor, daß die Temperatur der Erde sich seit 2000 Jahren nicht um $\frac{1}{170}$ Grad geändert hat. Wie soll man eine solche Stabilität der Temperatur erklären, da sich dieselbe doch mit jeder Erdschicht ändert und bis zum feurig-flüssigen Kerne ununterbrochen zunimmt, und man überdies annimmt, daß die feste Rinde eine Dicke von nur $1/_{60}$ Erdhalbmesser oder ungefähr 10 Myriameter habe? Allein diese Erscheinung erklärt sich sehr leicht, wenn man voraussetzt, daß das Gleichgewicht der Wärme wenigstens für die Planeten nur eine Ausnahme und keine Regel sei.

Ich habe es oft erwähnt, aber ich kann es nicht oft genug wiederholen, daß das Gleichgewicht nirgends existirt, weder in der physischen noch in der moralischen Welt; es zeigt sich überall ein Streben nach Gleichgewicht, aber Alles widersteht demselben. Das Gleichgewicht wird der Tod sein, aber nicht der Tod, den wir sterben, sondern der wirkliche Tod, das ist die absolute Ruhe.

Bei unserm Planeten zeigt sich dieser Mangel an Gleichgewicht in auffallendem Maße, denn während die oberste Schicht seiner Rinde die bekannte mäßige Temperatur besitzt, herrscht im Innern eine außerordentliche Hitze, welche fähig ist, die strengflüssigsten Körper zu schmelzen. Dieser innere Kern kann unserer Ansicht zufolge nichts Anderes sein als eine Masse im sphäroidalen Zustande, deren Temperatur in einem stabilen Gleichgewicht verharrt.

Wenn dem so ist, so muß die mittlere Temperatur stets unveränderlich bleiben, wie sie es schon seit den entferntesten historischen Zeiten ist.

Nach Becquerel kann die Abkühlung der Erde seit 5000 Jahren höchstens 0,0009° C. betragen haben, was nichts Anderes heißt, als daß eine Abkühlung unsers Planeten nicht nachgewiesen ist.

Es ist wahr, daß ein Zeitraum von 5000 Jahren in der Geschichte der Erde nicht mehr bedeuten will als ein Bruchtheil einer Secunde, nicht viel mehr als Null in der Geschichte des Menschen.

Hiernach würde der sphäroidale Zustand zu den großen Gesetzen der Natur gehören; er würde der primordiale Zustand der Materie sein... und der etwas anmaßende Titel, welchen ich diesem Buche gegeben habe: „Neuer Zweig der Physik", möchte somit gerechtfertigt erscheinen.

Ich fühle übrigens wohl, daß eine solche Idee eine Abnormität ist, welche auf den ersten Anlauf zurückgewiesen werden, die man

indeß später wiederaufnehmen wird. Wir sprechen gegen die Gewohnheit, ohne daran zu denken, daß wir selbst wunderlichen Gewohnheiten fröhnen. Aber dies ist die Natur des menschlichen Geistes. Jede Idee, welche aus dem gewöhnlichen Gedankenkreise heraustritt, ist ein krankhafter Traum, eine Absurdität, die nicht verdient, daß man sich einen Augenblick mit ihr beschäftige. Newton, welcher mit Recht als das größte Genie seiner Zeit gilt, hatte unendliche Mühe, sein Attractionsgesetz zur Geltung zu bringen, und zog sich Unannehmlichkeiten jeder Art zu. Um wieviel eher ist solches zu erwarten, wenn eine neue, obwol aus genauen Versuchen abgeleitete Idee von einem unbekannten Manne ausgesprochen wird, welcher nicht zu der privilegirten Classe gehört, deren Autorität in Frankreich so groß ist. Aber ich hoffe, diese Ideen mit der Zeit den Sieg davontragen zu sehen: in dieser Hinsicht sagt die Vergangenheit für die Zukunft gut.

Von tausend Beispielen, die ich zum Beweise dafür anführen könnte, wie schwierig eine neue Idee Anerkennung findet, will ich nur eins citiren, welches von Flourens angeführt wird:

„... Dieses Werk", sagt Flourens, „ist von 1744 und enthält eine Zusammenstellung der Untersuchungen von Peyssonel über die Gebilde des Meeres; eine Entdeckung, in deren Folge eine ganze Classe von Wesen aus einem Reiche in ein anderes versetzt wurde, und welche zur Zeit, als Peyssonel sie ankündigte, so überraschend erschien, daß Réaumur, der beauftragt war, der Akademie darüber Mittheilung zu machen, wie Jeder weiß, es für gut hielt, den Namen des Autors zu verschweigen."

Andere Beispiele zeigen deutlich, wie selbst sehr ausgezeichnete Männer neue Dinge häufig sehr übel beurtheilen. Im 16. Jahrhundert sagte Montaigne, der berühmte Denker: „Die Feuerwaffen zeigen mit Ausnahme der Ohrenerschütterung, an die sich Jeder gewöhnt, so wenig Wirkung, daß man ihren Gebrauch, wie ich glaube, bald aufgeben wird."

Folard verlangte, etwas später, daß man Bogen und Wurfgeschosse statt der Flinten und Kanonen anwende. Was würden Montaigne und Folard heute sagen?

Ich kehre zur Nomenclatur der Gestirne unsers Planetensystems zurück.

In der vorigen Auflage zählten wir elf Planeten auf, welche ihren Lauf um die Sonne absolviren. Seit dieser Zeit ist von Leverrier der Neptun und von andern Beobachtern eine große Zahl

telefkopifcher Planeten entdeckt worden. Diejenigen Planeten, welche eine kleinere Bahn als die Erde beschreiben, nennt man untere, die andern obere Planeten.

Mercur, der nächste an der Sonne, ist $\frac{6}{100}$ mal so groß als die Erde; Venus, die nach ihm folgt, gleicht ungefähr der Erde an Größe. Diese beiden sind die einzigen untern Planeten.

Die Erde hat in runden Zahlen einen Umfang von 4000 Myriameter; ihr Halbmesser ist gleich 636 Myriameter; sie hat ein 49 mal größeres Volumen als der Mond, von dem sie 38,000 Myriameter entfernt ist.

Wenn man sich die Erde als eine Kugel von 600 Millimeter Durchmesser vorstellt, so bildet der Himalaja, der eine Höhe von 7821 Meter besitzt, eine Hervorragung von einem halben Millimeter. Die Berge des Mondes sind verhältnißmäßig viel höher als die der Erde. Endlich bedeckt das Meer ungefähr drei Fünftheile der Erdkugel, die von einer aus Stickstoff, Sauerstoff, Kohlensäure u. s. w. gemengten Atmosphäre umgeben ist.

Die obern Planeten sind: Mars, ein Achtel so groß, Jupiter 1300 mal, Saturn 1000 mal, Neptun 230 mal und Uranus 80 mal so groß als die Erde.

Man kennt noch andere Planeten, die man ultrazodiakale oder telefkopische nennt. Diese sind: Pallas, von unbekannter Größe, Ceres mit einem Durchmesser von 26 Myriameter, Juno, deren Durchmesser gleich 11 Myriameter, Vesta, deren Volumen den 25000. Theil von dem der Erde beträgt, und Asträa von unbekannter Größe.

Jupiter wird von vier Trabanten umkreist, Saturn hat einen Ring und sieben Trabanten, endlich Uranus deren sechs.

Fügt man hierzu die Kometen, so hat man ein Verzeichniß der hauptsächlichsten bisjetzt bekannten Himmelskörper unsers Planetensystems.

Aus dem Gesagten ergibt sich folgende Zusammenstellung:

Sirius gleich	11,200,000	Erden
Sonne	1,400,000	=
Jupiter	1,300	=
Saturn	1,000	=
Neptun	230	=
Uranus	80	=
Erde	1	=
Venus	1	=
Mars	$\frac{1}{8}$	=

Mercur	. . . .	$\frac{6}{100}$ Erden
Pallas	. . . .	unbekannt
Ceres	. . . .	26 Myr. Diam.
Juno	. . . .	11 = =
Vesta	. . . .	$\frac{1}{25000}$ der Erde
Asträa	. . . .	unbekannt [1]
Planeten des Laboratoriums . .	große oder horizontale Achse ungefähr gleich . .	0,01 Meter.

Die Idee, die im ersten Theile dieses Werks beschriebenen Sphäroide als Planetenkörper zu betrachten, ist so ganz gegen die Ansicht, welche man von diesen Körpern hat, daß ich mich zuvörderst an die Größenverhältnisse halten muß. Man wird jetzt einsehen, weshalb ich mit dem Sirius begonnen und mit den planetaren Körpern, die wir erzeugen, geschlossen habe. Denn in der That ist der Größenunterschied zwischen einem Aethersphäroid und der Vesta weniger beträchtlich als der zwischen der Vesta und dem Sirius, ja selbst der Sonne.

Gehen wir jetzt in der Vergleichung weiter, so finden wir bei F. Moigno ausgesprochen: „Wie dicht ein Körper auch immer sein möge, so sind doch seine letzten Atome in Beziehung auf ihre Größe ebenso weit voneinander entfernt als die Himmelskörper im Weltenraum.“ (Bulletin scientifique de la Presse“ den 29. Jan. 1849.)

Bezüglich des Volumens können also unsere Sphäroide als planetare Körper betrachtet werden, gerade sowie das Insekt, welches 1200 mal vergrößert werden muß, um uns sichtbar zu werden, ein ebenso vollkommenes Thier ist als der Elefant, das Mammuth, der Walfisch u. s. w.

Jetzt da es, wie ich hoffe, nicht mehr ungereimt erscheinen wird, sphärische Körper von 1 Centimeter Durchmesser mit Planeten zu vergleichen, werde ich auseinandersetzen, wie ich die Bildung der Planeten auf Kosten der Sonne auffasse.

Ich betrachte die Sonne als einen im sphäroidalen Zustande befindlichen Körper, der gegen die Einwirkung der glühenden Atmosphäre, die ihn umgibt, durch sein Wärmereflexionsvermögen geschützt ist.

---

[1] Wer sich über alle Elemente unsers Planetensystems zu unterrichten wünscht, findet dieselben in dem sehr bemerkenswerthen Werke des Dr. Plisson: „Les mondes, ou essai philosophique sur les conditions d'existence des êtres organisés dans notre système planétaire.“

Die ganze Sonne dreht sich um ihre Achse, und jedes ihrer Molecule besitzt dieselbe Bewegung.

Unabhängig von dieser Bewegung befindet sich die Sonne und alle Molecule derselben, außerdem in der vibrirenden Bewegung, die man bei allen Versuchen, besonders beim dreiundsechzigsten, beobachtet hat, und die im §. 5 dieses dritten Theils analysirt worden ist.

Nach diesen Voraussetzungen läßt sich die Entstehung der Planeten aus der Sonne sehr leicht erklären; es gehört dazu nichts weiter als eine hinreichend große Vibrationsamplitude, durch welche die Materie der Sonne selbst über die glühende Atmosphäre in den Weltenraum hinausgeschleudert worden.

Der Stoß, welchen die einzelnen Theile dabei erlitten, und die gegenseitige Anziehung derselben aufeinander, konnte die ursprüngliche Richtung ihrer Bewegung nicht ändern, da der Theil die Eigenschaften des Ganzen besitzt. Die Sonne hat eine Rotationsbewegung von Westen nach Osten, daher muß Alles, was aus der Sonne entstanden ist, gleichfalls eine Bewegung von Westen nach Osten und außerdem eine Umlaufsbewegung in demselben Sinne haben. Die letztere Bewegung ist an der Sonne selbst noch nicht beobachtet worden (?), aber man kann auf sie aus ihrer Existenz bei den Planeten und Satelliten schließen.

Auch die Satelliten sind Fragmente der Sonne, die durch die explosive Kraft der Planeten in den Weltenraum hinausgeschleudert sind, wie dies bald gezeigt werden wird.

Die fortgeschleuderte Materie konnte nicht wieder zur Sonne zurückkehren, da sie die Repulsionskraft der glühenden Hülle daran verhinderte.

Die glühende, in den Weltenraum geworfene Materie mußte sich infolge ihrer Rotation zu einem Sphäroid abrunden und in einer sehr langgezogenen Ellipse um die Sonne laufen. Mit jedem Umlauf mußte die große Achse kürzer werden, bis die Planetenbahnen die gegenwärtig bestehende geringe Excentricität angenommen hatten.

Hindert uns etwas an der Annahme eines solchen Vorgangs? Gestattet nicht vielmehr die successiv beschleunigte Rückkehr einiger Kometen die positive Beantwortung der vorliegenden Frage? Sind nicht die plötzliche Erscheinung einiger dieser Körper und die Abnahme ihres Glanzes höchst günstige Facta für unsere Hypothese?

Ich werde mich von jetzt ab des Wortes Explosion zur Bezeichnung der Hinausschleuderung der Sonnenmaterie bedienen.

Die Explosionen, welche in der Sonne und in den Planeten

infolge der Vibrationen derselben stattfinden, können nach drei Hauptrichtungen erfolgen: 1) in senkrechter, 2) in schiefer, 3) in paralleler Richtung mit der Rotationsachse.

Wenn die Explosionen in nahezu senkrechter Richtung vonstatten gehen, so findet die Kraft, welche sie veranlaßte, in der Centrifugalkraft (?) eine Verstärkung, und die Sonnenmaterie kann auf diese Weise in hinreichend beträchtlichen Massen und auf genügende Entfernung fortgeschleudert werden, damit Planeten aus ihr entstehen können.

Wenn im Gegentheil die Explosionen nach den beiden andern Richtungen erfolgen, so addirt sich die Centrifugalkraft (?) nicht zu der ursprünglichen Kraft, woraus folgt, daß nur kleine Massen über die Grenze der glühenden Atmosphäre hinausgeworfen werden können. Diese kleinern Massen durchlaufen den Himmel nach allen Richtungen: wir finden sie wieder als Kometen [1], Meteorsteine, Asteroiden u. s. w., deren Bahnen sehr langgezogen und höchst unregelmäßig sind.

Können die Sonnenflecke nicht durch die starken Vibrationen veranlaßt werden, welche ich bei diesem Gestirn voraussetze?

Es kommt also bei unserer Theorie Alles darauf hinaus, anzunehmen, daß die Sonne die Eigenschaften der Körper im sphäroidalen Zustande besitze.[2] Und warum sollte man dies verwerfen? Ist es denn so irrationell, die Existenz nur einer Kraft und einer Materie anzunehmen? Streben wir nicht danach, Alles auf die Einheit zu reduciren?

„Die Ellipsen der Planetenbahnen sind nicht unveränderlich, aber ihre großen Achsen scheinen stets dieselben.“ (Laplace.)

Es behauptet also der berühmte Mathematiker nicht, daß die großen Achsen der Planetenbahnen immer dieselben bleiben; er zweifelt, aber über andere Punkte spricht er sich klar aus.

Die Variationen der Excentricität der Erdbahn, ferner die der Bahnelemente der Planeten, und endlich die successive Verminderung der Schiefe der Ekliptik sind ihm nicht zweifelhaft. Es folgt daraus, daß unser Planetensystem Veränderungen unterworfen ist, die allerdings langsam erfolgen; was aber wollen Zeitunterschiede für die Natur bedeuten, in der nach Ewigkeiten gemessen wird!

---

[1] Clairaut ist der Ansicht, daß die Kometen wie wirkliche Planeten zu betrachten seien.

[2] S. die Versuche 25, 27, 28, 35, 38, 58, 59, 61, 63 und 80, und den §. 4 dieses dritten Theils.

Die Planeten würden dem einfachen Systeme zufolge, dessen Grundzüge ich entworfen habe, ursprünglich Kometen gewesen und durch Explosionen der Sonne entstanden sein, die in einer auf die Achse derselben senkrechten Richtung erfolgt sind; und dieses System würde als richtig erwiesen sein, wenn eine Kometenbahn bekannt wäre, deren Excentricität sich verminderte.

Der von Tycho de Brahe im Jahre 1585 entdeckte Komet ist nach einigen Astronomen mit demjenigen identisch, welcher successive in den Jahren 1678, 1743, 1770 und 1844 erschienen ist.

Es sind vergangen zwischen

dem	1.	und	2.	Erscheinen	93	Jahre
=	2.	=	3.	=	65	=
=	3.	=	4.	=	27	=
=	4.	=	5.	=	74	=

Zwischen dem vierten und fünften Erscheinen ist eine Lücke. Vielleicht ist der von Perny im Jahre 1793 entdeckte Komet derselbe. Dann würde zwischen der vierten und fünften Periode nur noch ein Zeitraum von 23 Jahren, und zwischen 1793 und 1844 wiederum Lücken sein.[1]

Nach meiner Idee wird die Rückkehr dieses Kometen in einem kürzern Zeitraum dadurch veranlaßt, daß seine Bahn stets enger wird; aber nach den Astronomen ist sie eine Folge der Störungen, welche der Komet durch die Planeten und besonders durch Jupiter erleidet.

Zwei Thatsachen dienen meiner Ansicht als Stütze: einmal haben die Kometen nach der Aussage aller Astronomen an Glanz verloren, und dann sind einige von ihnen verschwunden. Kann man nicht annehmen, daß sie sich condensirt haben und erblichen sind und deshalb von uns nicht wieder bemerkt werden können?

Auch die Annahme von Olbers, daß die teleskopischen Planeten Fragmente eines großen Planeten seien, welcher explodirt habe, unterstützt meine Ansicht. Herschel theilt die Ansicht von Olbers nicht, er betrachtet sie als einen unschuldigen Traum; Arago indessen scheint ihr günstig zu sein[2], und hauptsächlich wird diese Meinung durch das merkwürdige Factum erhärtet,

---

[1] In den „Comptes rendus de l'Académie des sciences" vom Jahre 1844 finden sich viele sehr interessante Angaben über die Kometen von Arago, Faye, Leverrier, Laugier, Mauvais, Valz u. s. w.

[2] Akademie der Wissenschaften, Sitzung vom 26. Jan. 1846, Discussion über die Bahnen der teleskopischen Planeten, bei Gelegenheit der Entdeckung der Asträa.

welches Varro mitgetheilt hat: „Man sieht den Planeten Venus“, sagt er, „an Größe, Farbe, Form und Bahn sich ändern.“ Dieses außerordentliche Phänomen würde sich ungefähr 1831 Jahre vor der christlichen Zeitrechnung zugetragen haben.[1] Babinet glaubt nicht, „daß man die lächerliche Meinung theilen dürfe, welche in diesen kleinen Planeten die Trümmer eines größern Planeten sieht, der in Stücke zersprungen ist.“ (La Science, Nummer vom 6. Mai 1855.)

Nach Valz können alle Bahnen der gegenwärtig periodischen Kometen planetaren Ursprungs sein.

Der verschiedenartige Lauf der Kometen ist nach meinem System leicht zu begründen. Denn je nachdem die Sonnenparcellen in senkrechter, paralleler oder schiefer Richtung zur Achse hingeschleudert werden, müssen daraus Bewegungen in allen möglichen Richtungen und Geschwindigkeiten resultiren.

Herschel sagt über die Kometen Folgendes:

„Einige male sind die Kometen nur wenige Tage sichtbar und andere male bemerkt man sie mehre Monate lang; einige von ihnen bewegen sich höchst langsam, andere mit einer außerordentlichen Geschwindigkeit. Es kommt sogar ziemlich häufig vor, daß derselbe Komet in verschiedenen Theilen seines Laufes sich auf beide Weisen verhält. Der Komet von 1472 beschrieb an einem Tage einen Bogen von 120°. Die Bewegung der einen ist direct, die der andern rückläufig; noch andere haben einen ungleichförmigen und durchaus unregelmäßigen Lauf. Sie sind nicht, wie die Planeten, auf gewisse Regionen des Himmels beschränkt, sondern durchlaufen diesen nach allen Richtungen.“

Hierzu kommt noch die wohlbeachtete und constatirte Spaltung mehrer Kometen, und die zu gleicher Zeit in Europa und Amerika gemachte Entdeckung eines neuen Saturnsatelliten (1848).

Meiner Ansicht nach würde dieser neue Satellit unmittelbar nach seiner Entstehung entdeckt sein; das heißt, Saturn würde sich noch jetzt in den heftigen vibrirenden Bewegungen befinden, in denen die Centrifugalkraft vorwaltend ist. Wie wäre es auch zu erklären, daß dieser letzte Satellit des Saturn, welcher seit der Entdeckung seines vorletzten fortwährend beobachtet worden ist, sich durchaus den Blicken entzogen haben könnte? Diese Thatsache muß unserer Hypothese ebenfalls zur Stütze dienen.

---

[1] Dictionnaire historique, critique et bibliographique, XXIX, 276.

Die Grenzen dieses Werks gestatten mir nicht, die Prüfung dieser im Jahre 1840 zuerst ausgesprochenen Hypothese über die Entstehung der Planeten und der andern Himmelskörper, mit Ausnahme der Fixsterne, weiter fortzusetzen. Ich werde daher nicht untersuchen, ob sie conform oder entgegengesetzt mit der Theorie der centralen Kräfte ist, ob ein Körper, der um einen andern eine sehr langgezogene Ellipse beschreibt, nicht das Bestreben hat, eine immer weniger excentrische Curve zu beschreiben, u. s. w.

Bei Abfassung dieses Werks ging meine Absicht hauptsächlich dahin, die Aufmerksamkeit der jungen Mathematiker und Astronomen auf Dinge zu lenken, die bisjetzt gar nicht berücksichtigt worden sind; nämlich auf die Repulsionskraft glühender Flächen und auf die Eigenschaften der Körper im sphäroidalen Zustande. Ich bin überzeugt, daß ein gründliches Studium dieser Kraft und des sphäroidalen Zustandes nicht fruchtlos sein würde.

Einige werden ohne Zweifel erstaunt sein, die Ansichten Laplace's den unsern günstig zu finden. In seiner „Exposition du système du monde", S. 251, liest man: „Ein Geschoß, das mit Kraft von einer großen Höhe weggeschleudert wird, fällt weit entfernt zur Erde nieder, nachdem es eine parabolische Curve beschrieben hat; und wenn seine Wurfgeschwindigkeit ungefähr 7000 Meter in einer Secunde wäre und nicht durch den Widerstand der Luft vermindert würde, so würde das Geschoß nicht zur Erde fallen, sondern wie ein Satellit um die Erde kreisen, da seine Centrifugalkraft dann der Schwerkraft gleichkäme. Um demselben eine Bewegung gleich dem Monde zu geben, müßte man sich auf eine diesem Gestirn gleiche Höhe erheben und das Geschoß dann hinausschleudern. [1]

Ich beschließe diesen Paragraphen, um dem Leser die Hauptversuche vorzuführen, aus denen ich das angedeutete System abgeleitet habe.

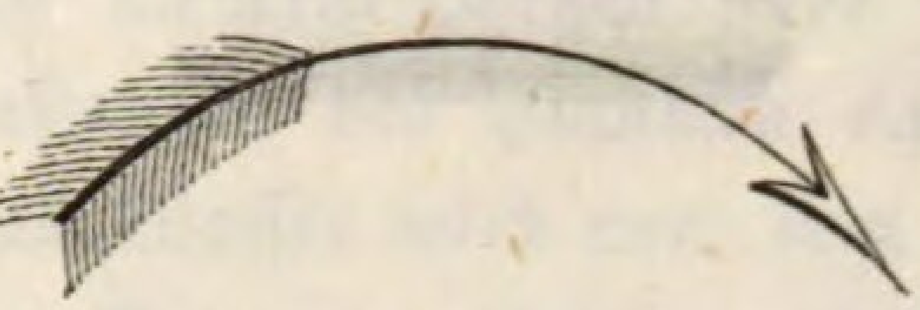
---

[1] „Eine aus einer Kanone abgeschossene Kugel fällt zur Erde zurück; wenn man die Ladung verstärkt, vergrößert sich die Wurfweite. Man kann sich nun die Anfangsgeschwindigkeit so groß vorstellen, daß, vom Widerstande der Luft abstrahirt, die Kugel nicht mehr niederfallen und ein Satellit der Erde werden würde. Der Mond verhält sich daher wie ein ungeheures Geschoß, das von der Erde um 60 Erdhalbmesser entfernt und durch dieselbe gezwungen wird, in jedem Augenblick die Richtung seiner Bewegung zu ändern." (Mutel, „Kosmographie", S. 194.)

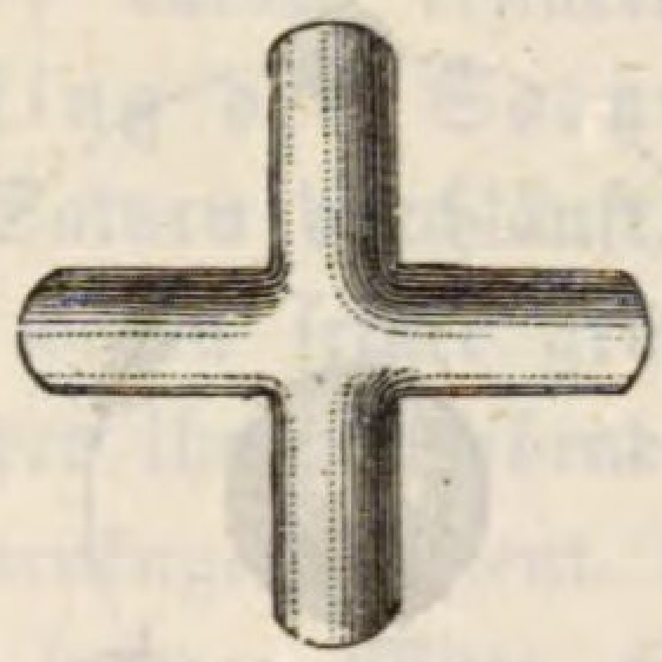
Wenn der Mond als eine ungeheure Stückkugel betrachtet werden kann, die um die Erde läuft, so können die Planeten als solche Kugeln betrachtet werden, die ihren Lauf um die Sonne vollenden.

Wenn man mit irgendeinem Körper, z. B. Wasser, experimentirt, und der sphäroidalisirende Körper bildet eine fast ebene Fläche, so bemerkt man in einigen Fällen Folgendes: Zuerst erscheint ein abgeplattetes Sphäroid, wie Fig. 19. Dann dreht sich ohne bekannte Ursache dasselbe in diesem Sinne:


Fig. 19.


Fig. 20.

Dann beginnt eine eigenthümliche vibrirende Bewegung in der ganzen Masse. Die einfachste Form derselben zeigt Fig. 21.


Fig. 21.

Sie besteht aus 2 Ellipsoiden A und B, die einander sehr schnell folgen und unter rechten Winkeln kreuzen, wie man an Fig. 22, 23 und 24 sehen kann.

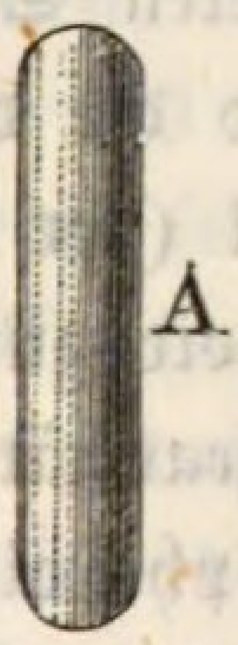


Fig. 22.

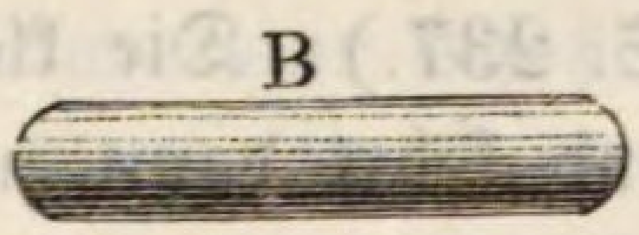


Fig. 23.

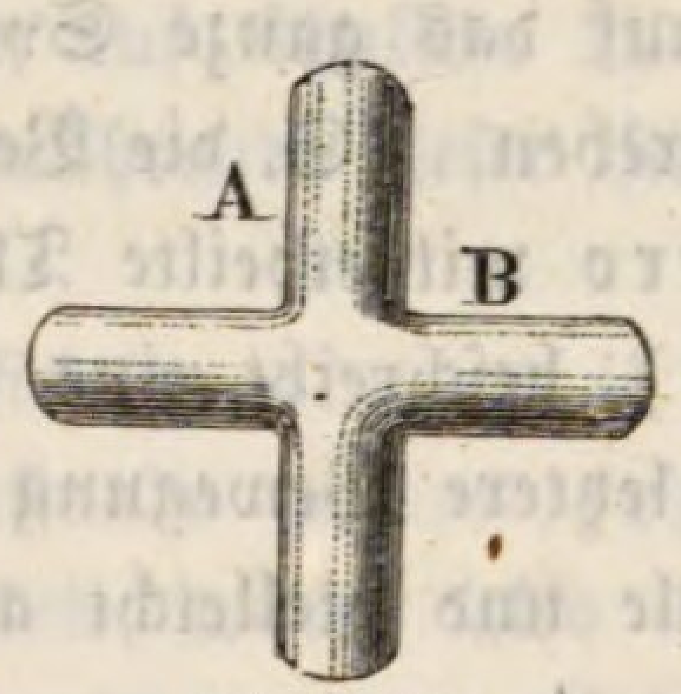
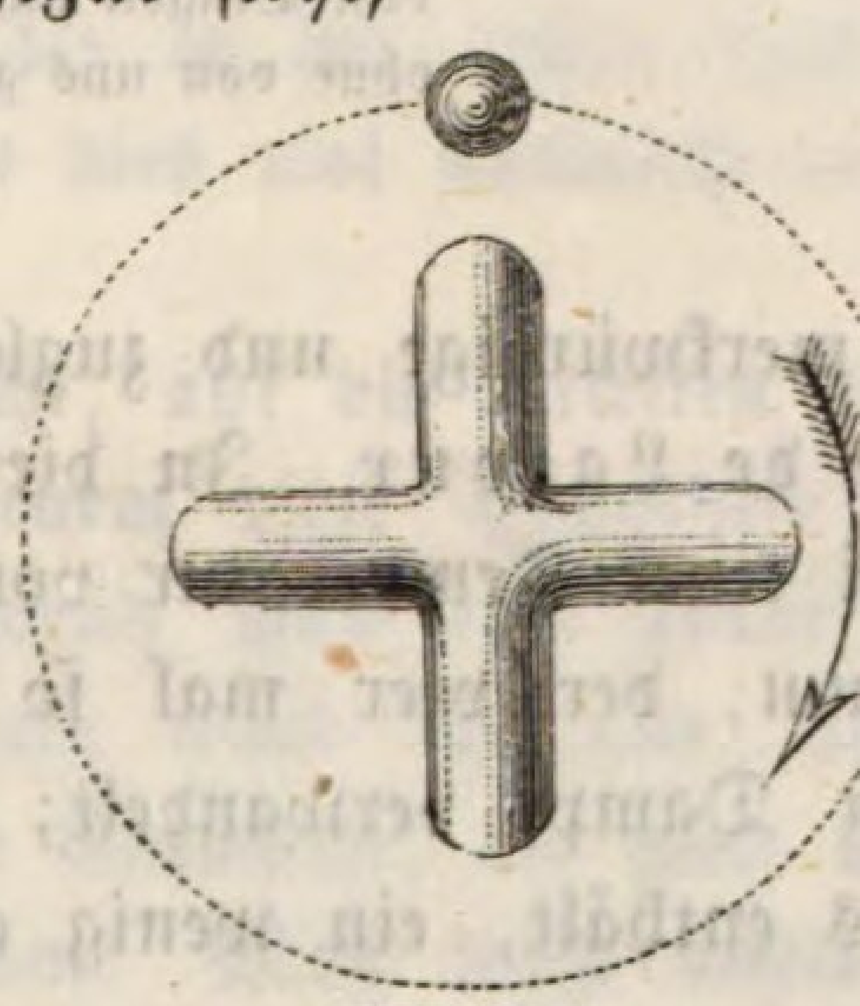


Fig. 24.

Unter gewissen Umständen, die der Experimentator nie in seiner Gewalt hat, trennen sich kleine Massen von den Ellipsoiden, wie man an beistehender Figur sieht,


Fig. 25.

die dann folgende Form annimmt,

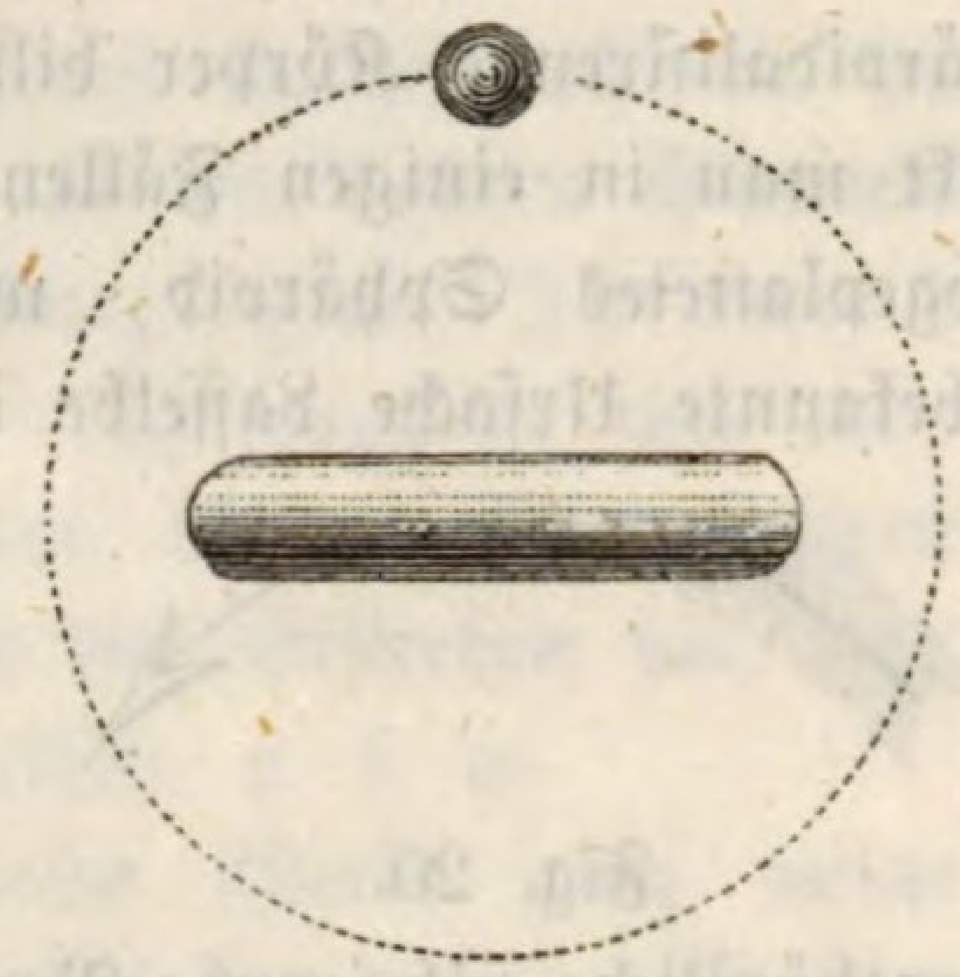


Fig. 26.

und endlich diese,

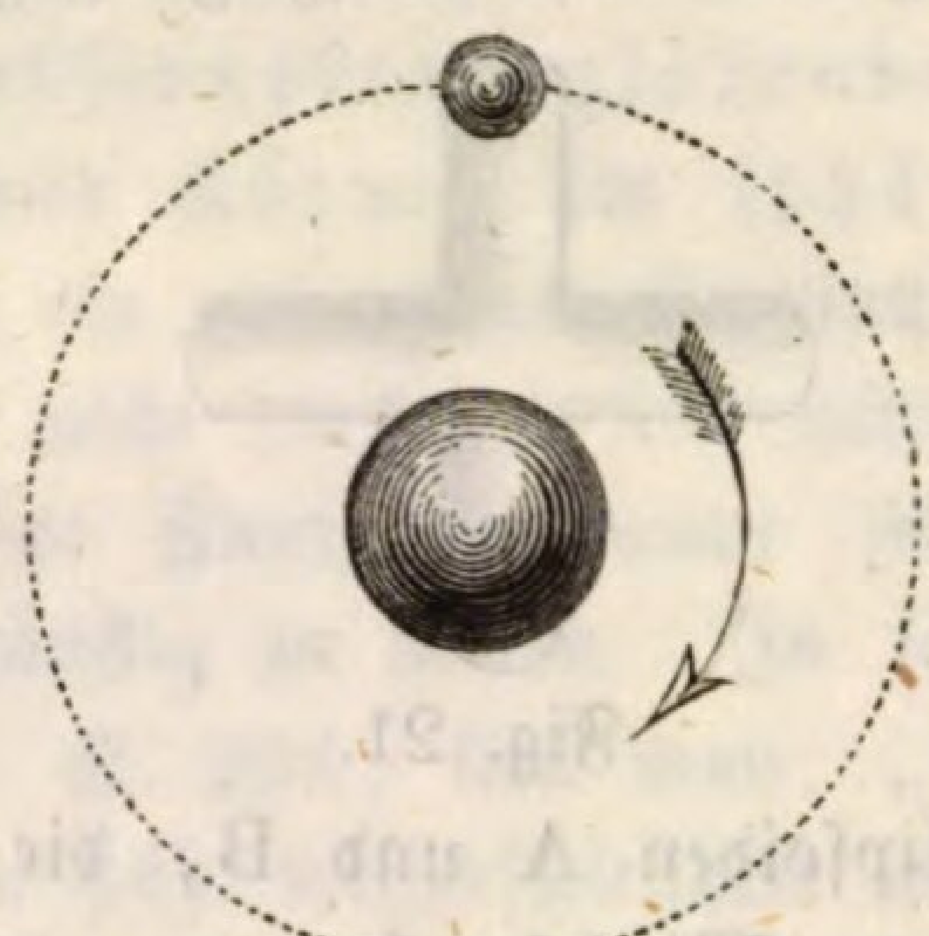


Fig. 27.

worauf das ganze System fortfährt, sich in dem angedeuteten Sinne zu drehen. (S. die Versuche 35, 61, 63, 80 und 91, und die durch Varro mitgetheilte Thatsache, S. 237.) Die kleine Kugel (der Satellit) beschreibt eine Spirale und kehrt dann zum Sphäroid zurück. Die letztere Bewegung ist ohne Zweifel eine Folge der Concavität der Schale und vielleicht auch zum Theil der Anziehung des Sphäroids.

Saturn und sein Ring.

„Es ist staunenerregend, welch eine Zahl von Dingen sich vor unsern Augen befinden, ohne von uns gesehen zu werden."

(De Fontenelle.)

Jeder kennt das so merkwürdige und zugleich so gefährliche Experiment von Cagniard de Latour. In diesem Versuche zeigt der gelehrte Physiker, daß bei einer Temperatur von ungefähr 350° das Wasser sich in einem Raum, der vier mal so groß als sein eigenes Volumen ist, gänzlich in Dampf verwandelt; daß es aber, sobald man die Röhre, welche es enthält, ein wenig abkühlt, schnell wieder flüssig wird.

Stellen wir uns nun, in Hinblick auf dieses Factum, den Saturnus im glühenden Zustande und umgeben von einer Dampfatmosphäre vor; nehmen wir an, daß durch die Abkühlung des Planeten oder durch seine Entfernung von der Sonne der Wasserdampf sich plötzlich wie im Latour'schen Versuche condensirt und zufolge seiner Schwere auf den Saturn niedergeschlagen habe. Man begreift, daß wegen des glühenden Zustandes des Planeten eine Berührung unmöglich stattfinden konnte; das Wasser wird von ihm zurückgestoßen worden und ganz innerhalb seiner Attractionssphäre geblieben sein (s. den fünfunddreißigsten Versuch); da aber die Wassermolecule sehr beweglich sind, so mußten sie durch die Centrifugalkraft nach dem Aequator des Planeten geworfen werden; darauf erstarrte infolge der Kälte das Wasser und bildete den Ring des Saturn. Man weiß, daß in den Regionen, welche der Saturn durchläuft, die Kälte sehr bedeutend sein und der Planet sich wegen seiner großen Masse viel langsamer abgekühlt haben muß als der ihn umgebende Wasserreif.

Man mache eine Kanonenkugel glühend und ebenso eine zwei mal so große Blechscheibe, die in der Mitte eine Oeffnung hat, durch welche sich die Kugel frei bewegen kann; man befestige auf irgendeine Weise die Scheibe in der Aequatorebene der Kugel und setze das Ganze einem erkältenden Mittel aus. Die Scheibe wird bereits schwarz erscheinen, während die Kugel noch glüht; und auf ähnliche Weise konnte das Wasser um den Saturn gefrieren, während dieser selbst noch eine sehr hohe Temperatur besaß.

Allerdings ist der Ring des Saturn undurchsichtig; aber es ist ja bekannt, daß Wasser, wenn es im bewegten Zustande gefriert, opak und nicht durchsichtig wird. Die Undurchsichtigkeit würde also der Annahme, daß der Ring gefrorenes Wasser sei, nicht entgegenstehen, und die Meinung von Maupertuis ist bei weitem nicht so absurd als sie auf den Anblick erschien.

Diese Hypothese über die Bildung und die Natur des Saturnringes ist im Jahre 1840 in der ersten Auflage dieses Werkes veröffentlicht. Sie ist, wie dies wol natürlich war, mit großer Lebhaftigkeit kritisirt worden.

Es war meine Pflicht, auf die Kritiken einzugehen, und ich that es. Ich prüfte von neuem diese Hypothese, indem ich stets bereit war, sie aufzugeben, wenn man eine andere genügendere aufgestellt haben würde; allein bald ward ich inne, daß Alles nur verlorene Zeit war, und daß alle Einwürfe, die man mir machte, sich auf die wenigen Worte reducirten: Man weiß nichts über die Constitution

und die Bildung des Saturnusringes. Seitdem habe ich mich entschieden, meine Annahme festzuhalten, da dieselbe das unbestreitbare Verdienst hat, auf Analogien und leicht zu prüfende Versuche begründet zu sein.

So stand ich mit meinem Entschlusse, als mir Faraday die schönen Untersuchungen von Plateau, Professor der Physik an der Universität zu Gent, mittheilte.[1]

In den Mittheilungen dieses Physikers an die Akademie von Brüssel las ich Folgendes:

„Der Ring, welchen man durch die Rotation einer in dem alkoholischen Gemenge suspendirten Oelkugel erhält, erinnert ganz natürlich an den Ring des Saturn. Man wird hierdurch zu dem Wunsche getrieben, die Aehnlichkeit weiter zu treiben und das Experiment so zu modificiren, daß man zu gleicher Zeit den Oelring und eine aus derselben Flüssigkeit bestehende, von jenem isolirte Kugel innerhalb desselben erhält. Dem Verfasser ist dies dadurch gelungen, daß er die Rotationsgeschwindigkeit des kleinen Apparats bedeutend steigerte und diese Geschwindigkeit auf eine gewisse Art variirte. Der Ring löste sich alsdann ab und im Centrum blieb eine Kugel isolirt zurück.“[2]

So bin ich also nicht mehr der Einzige, welcher von einem Experiment des Laboratoriums sich zur Erklärung einer Himmelserscheinung versteigt, und diesmal darf ich wol mit Recht hoffen, daß meine Hypothese mit weniger Ungunst aufgenommen werde.

Uebrigens streben gegenwärtig die Ansichten der Chemiker im Allgemeinen der Astronomie zu. Man fängt an zu begreifen, daß die Eigenschaften des unendlich Kleinen nicht wol von denen des unendlich Großen differiren können. Ein Professor zu Tübingen verglich die zahllosen Sonnen sammt ihren Planeten und Trabanten mit den Atomen, und zwar in dem Sinne, „daß das Universum einen großen Körper vorstelle, dessen Atome, die Himmelskörper, untheilbar und unveränderlich seien“.[3]

---

[1] Königliche Akademie von Brüssel, Sitzung vom Januar 1842, Bd. IX, Nr. 4 des Bulletin.

[2] Ein russischer Ingenieur, dem ich den schönen Versuch von Plateau mittheilte, rief aus: „Das ist vortrefflich! Dieser Gelehrte hat wahrlich die Welt in die Flasche gesteckt!“ Ein sehr passender Ausdruck, welcher vollkommen den Eindruck wiedergibt, den der erste Anblick dieses originellen Versuchs hervorbringt.

[3] Liebig, „Chemische Briefe“.

„Die Einwirkung dieser Kraft also (der Attraction) auf die träge Materie hat diese ganze unendliche Welt von tausendfachen Wesen hervorgerufen; sie hat Myriaden von Individuen geschaffen, die so verschiedene Functionen erfüllen und die durch so innige Beziehungen miteinander verknüpft sind, daß man unmöglich von irgendeinem derselben eine genaue Kenntniß erlangen kann, ohne die Geschichte aller miteinander zu verbinden.“ [1]

Wir betreten jetzt ein Gebiet, wo der Wunsch Napoleon's befriedigt werden kann, welcher sagte: „Die Eigenschaften des unendlich Großen sind erkannt; es bleibt noch übrig, die des unendlich Kleinen zu erkennen.“

Die Erde und ihr Satellit. [2]

„Was ist's, das geschehen ist? eben das hernach geschehen wird. Was ist's, das man gethan hat? eben das man hernach wieder thun wird, und geschiehet nichts Neues unter der Sonne.“

Pred. Salomo, I, 9.

„Was Gott thut, das stehet da; und was er thun will, das muß werden: denn er trachtet und jaget ihm nach.“

Pred. Salomo, III, 15.

„Man kann sich eine Vorstellung von der erbaulichen Lage machen, in der sich die menschliche Gesellschaft an dem Tage befinden müßte, welchen sie mit vollkommener Ueberzeugung für den letzten vor ihrem gänzlichen Untergange erkannt hätte.“

J. B. Fort-Neu.

Um logisch zu verfahren, müßte ich bis zu der Periode zurückgehen, wo sich die Erde nach meiner und Anderer Annahme im

---

[1] E. Rousseau, „Introduction à l'étude de la chimie“, S. 11.

[2] In diesem Theile meines Werkes werde ich mehr Fragen stellen als beantworten: ich beabsichtige hauptsächlich die Aufmerksamkeit der Geologen und der Physiker auf ein Factum zu lenken, welches bisher nicht berücksichtigt worden ist; ich meine den sphäroidalen Zustand an der Oberfläche der Erde zu einer Periode, die noch in das tiefste Dunkel gehüllt ist. Aber vielleicht hat dies Phänomen nie aufgehört auf das Schicksal unsers Planeten zu influiren. Ist es nicht möglich, daß sich an der Oberfläche des glühenden Kernes, von dem wir nur um den sechzigsten Theil des Erdhalbmessers oder etwa um 100 Kilometer entfernt sind, verschiedene Körper im sphäroidalen Zustande befinden? Ist es nicht denkbar, daß die Vibrationen der geschmolzenen Masse einen bedeutenden Einfluß auf die Mechanik des Erdballs ausüben?...

kometaren Zustande befand. Allein eine solche Discussion, welche mir auferlegen würde, alle Arbeiten der Astronomen über die Natur, den Anblick, die Periodicität, die Bewegung, die Störungen u. s. w. der Kometen zu analysiren, würde die engen Grenzen dieses Werkes überschreiten und mich zu weit von meinem Ziele entfernen, das doch nur darin besteht, für eine ausgedehntere Bearbeitung dieses Stoffes die Grundlage zu legen. Ich begnüge mich daher, hervorzuheben, daß zwei neue Elemente bei allen physikalischen Systemen und Theorien zu berücksichtigen sein werden, nämlich: die Repulsionskraft der glühenden Flächen und die Eigenschaften der Körper im sphäroidalen Zustande.

Alle Gelehrten stimmen darin überein, daß sich die Erde ehemals in einem feurig-flüssigen Zustande befunden haben müsse. Hiernach muß man nothwendig zugeben, daß sie aus einer glühenden Quelle geflossen; welche andere Quelle dieser Art besteht aber für unser Planetensystem als die Sonne? Keine. Man muß daher ferner zugestehen, daß die Erde ein Theil dieses Gestirns ist; oder man müßte annehmen, daß sie von andern Sonnen außerhalb unsers Systems abstamme, was nicht durchaus unmöglich ist; die größere Wahrscheinlichkeit ist jedoch auf Seiten der erstern Annahme.

Was die Physiker hauptsächlich abgehalten hat, einen solchen Ursprung unserer Erde anzunehmen, das war die Nothwendigkeit, die Vermittelung eines andern Körpers vorauszusetzen, der durch seine Einwirkung auf die Sonne Stücke derselben in den Weltenraum hinausgeschleudert habe. Heute existirt diese Schwierigkeit nicht mehr, wenn man annimmt, daß die flüssigen Sphäroide ohne äußere Ursache explodiren und nach der Größe ihrer Vibrationsamplitude Theile ihrer Masse weit hinwegschleudern können. (S. die beiden ersten Theile dieses Werkes und §. 5 dieses dritten.)

Wenn die Mathematiker dies Phänomen einer genauen Betrachtung unterwerfen werden, so werden sie sofort die Ursache oder wenigstens eine der Ursachen der Erderschütterungen erkennen, ohne dabei, wie bisher, ihre Zuflucht zu Hypothesen nehmen zu müssen, welche, so scharfsinnig sie auch erdacht sein mögen, immerhin nur Hypothesen sind und auf keiner experimentellen Basis ruhen.

Man wird bei der Wiederholung unserer Experimente finden, daß die Höhe der Wellen der Sphäroide den zehnten Theil des Halbmessers derselben überschreitet. Nimmt man an, daß Dasselbe in Bezug auf die flüssige Erdmasse stattfindet, so müßten die Wellen der feurig-flüssigen Sphäre eine Höhe von 500 Kilometer erreichen können!

Man wird die Gewalt begreifen, mit der solche Wellen von innen nach außen auf die Erdrinde wirken können.

Uebrigens ist diese Idee nicht neu: Young, und nach ihm Gay-Lussac, vergleichen die Erderschütterungen mit Schallwellen [1]; aber sie bringen keine experimentelle Bestätigung dieser Hypothese bei. Jetzt ist diese Bestätigung durch die Körper im sphäroidalen Zustande geliefert, denn diese vibriren und explodiren ohne äußere Veranlassung. [2]

Kehren wir jedoch zum glühenden Urzustande der Erde zurück.

Die Erde war zuerst eine geschmolzene Masse, und eine große Zahl von Körpern, die jetzt flüssig oder fest sind, bildeten ehedem einen Theil der Atmosphäre, welche auf die Kugel einen sehr bedeutenden Druck ausüben mußte.

Dieser glühende Zustand, welcher ohne Zweifel sehr lange dauerte, nahm beständig an Intensität ab. Die Erde, welche mehr Wärme ausstrahlte als sie empfing, erkaltete mehr und mehr, und die Dichtigkeit und der Druck der Atmosphäre verminderten sich beständig durch den Uebergang einzelner Körper aus dem gasförmigen in den flüssigen oder vielmehr sphäroidalen Zustand. Es würde schwierig sein, sich eine richtige Idee von den chemischen Reactionen, den Verbindungen und Zersetzungen zu machen, welche ohne allen Zweifel zwischen den einzelnen Elementen erfolgen mußte.

Dieser Zustand der Bewegung dauerte indeß wol nicht gar lange. Infolge der Abkühlung bildete sich alsbald eine feste Rinde, welche später als Unterlage für das Wasser diente, das sich darauf niederschlug. Diese feste Erdrinde ist das älteste Massengestein der Geologie. Man findet darin, wie leicht begreiflich, nicht die geringste Spur von Pflanzen oder Thieren.

Solange die Erdrinde eine höhere Temperatur bewahrte als 100°, was lange Zeit hindurch der Fall sein mußte, war alles Wasser der Erde ein Bestandtheil der Atmosphäre, „der Geist Gottes schwebte auf dem Wasser. [3] (Genesis.) Später, als die Oberfläche hin-

---

[1] Annales de chimie, 1823, XXII, 429.

[2] M. A. Poey hat eine ganz ähnliche Ansicht ausgesprochen. (S. sein „Tableau chronologique des tremblements de terre" in den „Nouvelles Annales des voyages", December 1855.)

[3] Die Dichtigkeit und Heterogenität der Atmosphäre müßten so groß sein, daß das Licht der Sonne (der Geist Gottes?) nicht bis zur Oberfläche der festen Erdkugel dringen konnte. Es wurde daher an der äußern Grenze der Atmosphäre absorbirt, gebrochen oder zurückgeworfen, und so „schwebte der

reichend abgekühlt war, schlug sich das Wasser nieder, wo neue Phänomene in weiter Ausdehnung erfolgten.

Aber bevor dies geschah, bildete eine große Menge von Materie einen Bestandtheil der Atmosphäre, und befand sich darin im gas- oder dampfförmigen Zustande.

Was ist Materie? welches ist ihre physikalische Constitution im gas- oder dampfförmigen Zustande?

Man nennt Materie Alles, was Ausdehnung und Schwere besitzt; man würde vielleicht mit mehr Genauigkeit sagen: Alles, was Ausdehnung besitzt und der Einwirkung der Schwere unterworfen ist, denn die Schwere ist eine Kraft. Wie man aber auch diesen Begriff definiren möge, so leuchtet doch ein, daß Ausdehnung und Schwere nur Eigenschaften der Materie sind, welche uns noch nicht über deren eigentliche Natur aufklären. Da ich hier nur Hypothesen anführen kann, so gehe ich unmittelbar zur physikalischen Constitution der Materie im gas- oder dampfförmigen Zustande über.

Orfila hat eine andere Definition für Materie vorgeschlagen. Er sagt: „Man bezeichnet mit Körper Alles, was für einen oder mehre unserer Sinne wahrnehmbar ist.“ [1]

Ich entscheide nicht darüber, welche der beiden Erklärungen vorzuziehen ist. Indeß will ich nur bemerken, daß die von Orfila den unbestrittenen Vorzug besitzt, die ganze Natur zu umfassen, das heißt die eigentlichen materiellen Körper wie auch die Imponderabilien, welche letztere nach der ersten Definition ausgeschlossen sind.

Die außerordentliche Beweglichkeit der Gasmolecule hat stets zu der Annahme geführt, daß sie kugelförmig seien, und zahlreiche Beobachtungen haben diese Ansicht einigermaßen unterstützt.

Ich setze daher zum Verständniß des Folgenden voraus, daß sie kugelförmig und hohl, das heißt nicht mit wägbarer Materie gefüllt seien.

Man hatte lange Zeit geglaubt, daß der Ausdehnungscoefficient für alle Gase der gleiche sei, und daß alle dem Mariotte'schen Gesetze folgen. Aber diese beiden wichtigen Gesetze der Physik der Gase sind von Regnault modificirt worden, und jetzt nimmt man an, daß jedes Gas seinen besondern Ausdehnungscoefficienten habe und daß das Mariotte'sche Gesetz nicht durchaus auf alle anwendbar sei.

Geist Gottes über dem Wasser“, das damals im gasförmigen Zustande die Atmosphäre erfüllte.

[1] Orfila, „Éléments de chimie“, 6[me] édition, I, 1.

Es würden hiernach, um es kurz zu sagen, das Gesetz für die Ausdehnung der Gase und das Mariotte'sche Gesetz nicht wahr sein. Man muß indessen zugeben, daß die durch Regnault gefundenen Differenzen nur innerhalb sehr enger Grenzen statthaben, und „man kann ohne Zweifel, wie man es bisher gethan hat, auch jetzt noch sagen, daß die Gase und Dämpfe gleiche Ausdehnungscoefficienten besitzen". (Pouillet.)

Man nimmt gewöhnlich an, daß die Molecule der Gase und Dämpfe sich nicht berühren, und daß bei einer Ausdehnung durch die Wärme nur die Zwischenräume sich vergrößern, die Molecule selbst aber keine Volumenveränderung erleiden. Bei der Compression findet das Gegentheil statt.

Ich kann nicht zugeben, daß nur die Zwischenräume sich vergrößern, sondern nehme an, daß sie zu gleicher Zeit mit dem Volumen der Molecule selbst wachsen.

Man muß daher sagen, daß bei der Ausdehnung der Gase die Molecule und die Intermolecularräume zu gleicher Zeit ausgedehnt werden. Auf diese Weise wird man, wie ich glaube, sich eine Vorstellung von dem wirklichen Vorgange machen und leicht begreifen, wie jedes Gas seinen eigenen Ausdehnungscoefficienten haben müsse, der seinem specifischen Gewichte proportional sein könne. Denn eine hohle Kugel, deren Wanddicke = 2 ist, wird sich stärker ausdehnen können als eine andere Kugel, deren Wanddicke nur = 1 ist, vorausgesetzt, daß beide die gleiche äußere Oberfläche haben.

Ich setze also voraus, daß die Molecule der Gase und Dämpfe ein gleiches Volumen besitzen und daß sie nur durch die Dicke ihrer Wände differiren. Was aber, wird man fragen, befindet sich innerhalb dieser Sphäre und in den Zwischenräumen? Meiner Ansicht nach wird es der Aether sein, den man hier wie überall annehmen muß.[1]

Wenn man sich erinnert, daß sich alle Körper gegen glühende Oberflächen gleich verhalten, so dürfte man wol berechtigt sein, mit einigen Astronomen zu schließen, daß die Materie homogen ist.

Hier denkt man an die Hypothese von Prout: Es gibt nur eine Materie und die Atomgewichte sind Multipla von dem des Wasserstoffs.

Diese Hypothese wurde ihren Grundzügen nach schon im Alterthume ausgesprochen, welches durch den Ausspruch: „Gott hat

[1] S. die Note der Seite 231.

Alles nach Maß, Zahl und Gewicht geschaffen [1], die atomistische Theorie begründet.

In der ersten Auflage dieses Werkes habe ich S. 50 gesagt: „Ist es nicht logisch, aus dem sphäroidalen Zustande der Körper zu schließen, daß die Atome der Flüssigkeiten und Gase kugelförmig sind, und daß aus dieser Form die chemische Affinität herrührt, welche selbst wol nur in der Durchdringlichkeit der Atome bestehen kann?"

Neuere Arbeiten von F. Selmi [2], Schweizer [3], Brame [4] und Millon [5] dienen, obwol sie sich meinen Untersuchungen nicht direct anschließen, meiner Ansicht zur Stütze und zeigen, daß die Kugel- oder Schlauchform dem krystallinischen oder eckigen Zustande vorangeht. [6] Diese Allgemeinheit der primordialen Kugelform ist wiederum eine Thatsache, welche die anorganische Materie der organischen nähert. [7]

In folgender Stelle spricht Millon über die Durchdringlichkeit der Materie: „Um diese besondere Eigenschaft des Kohlenstoffs so gut als es sich mit Worten thun läßt auszudrücken, kann man sagen, daß in den Mineralverbindungen die Elemente sich aneinanderlegen, während sie sich in den organischen Verbindungen durchdringen."

Unter Durchdringlichkeit verstehe ich Folgendes: Wenn zwei der hohlen, kugelförmigen Gasmolecule einander durchdringen, das heißt, wenn das eine in das andere eintritt, so ändert sich das Volumen des absorbirenden Moleculs nicht, sondern die Dicke seiner Wände wird durch die gesammte Materie des absorbirten Moleculs verstärkt.

---

[1] Berzelius, „Lehrbuch der Chemie".

[2] Atti della sesta riunione degli scienzati italiani (Mailand 1845), S. 159 fg.

[3] Journal de pharmacie, 1844, S. 120.

[4] Comptes rendus de l'Académie des sciences vom 27. Oct. 1845.

[5] Annales de chimie, 3me série, XIII, 386.

[6] S. S. 189, was sich auf die Krystallisation des Schwefels bezieht; ferner „Système de chimie organique de Raspail". Dieser Beobachter weist nach, daß der Rückstand, der nach dem Glühen von Braunkohle in verschlossenen Gefäßen bleibt, aus Kohle besteht, die, gerieben und mit dem Mikroskop untersucht, aus schwarzen undurchsichtigen Körnern besteht, deren Kugelform man leicht erkennt.

[7] S. ein Mémoire von Chevreul unter dem Titel: „Considérations générales et inductions relatives à la matière des êtres vivants" (Journal de pharmacie, V, 29).

damit proportional steigen Atomgewichte und Dichtigkeit nebst andern physikalischen Eigenschaften.

Es gibt einige wohl constatirte Facta, welche diese Hypothese unterstützen.

Die Seifenblasen sind nach **Newton** sehr dünne Häutchen von $\frac{1}{10000}$ Millimeter Dicke, die sogar bis auf $\frac{1}{100000}$ abnehmen können. Wenn sie nur noch $\frac{1}{1000000}$ Millimeter Dicke besäßen, so würden sie durch kein Mittel bemerkt werden können, selbst nicht, wenn sie 1 Fuß im Durchmesser hätten.[1]

Wir sehen also schon, daß es durchaus farblose Gase geben kann. Dies ist ein erster Schritt auf den Boden der Thatsachen zur Bekräftigung meiner Hypothese. Das genügt indeß noch nicht: eine gewisse Zahl von elementaren Gasen müßten in eine Reihe geordnet werden nach ihren Beziehungen auf

1) Elektricität,
2) Atomgewicht,
3) Specifisches Gewicht,
4) Farbe,
5) Widerstand gegen Verdichtung,
6) Temperatur, bei der sie flüssig werden,
7) Temperatur, bei der sie sieden.

Folgende fünf Elemente lassen sich in Bezug auf diese sieben Punkte in eine Reihe ordnen, wie folgt:

Wasserstoff,
Stickstoff,
Chlor,
Brom,
Jod.

1) Die fünf Körper sind in Bezug auf ihre elektrochemischen Eigenschaften (nach **Berzelius**) in die vorstehende Reihe geordnet.

2) Ihre specifischen Gewichte sind:

H	0,0692
N	0,9720
Cl	2,4400
Br. . . .	5,3933
J	8,7160.[2]

[1] **Pouillet**, „Éléments de physique", I, 20.
[2] Br und J im dampfförmigen Zustande.

3) Ihre Atomgewichte sind:

H	1
N	14
Cl	36
Br	80
J	127.

4) Ihre Farben sind:

H	farblos
N	fast farblos
Cl	gelblich grün
Br	braunroth
J	intensiv violett.

5) Die beiden ersten Körper sind bisjetzt nicht verdichtet; der dritte ist leicht zu verdichten; der vierte ist bei gewöhnlichem Luftdruck flüssig; der fünfte fest.

6) Dieselbe Beziehung findet zwischen den Temperaturen statt, bei der die erwähnten Körper flüssig werden. Der erste ist noch nicht flüssig gemacht, obwol er von Faraday der niedrigsten Temperatur ausgesetzt worden ist, die hervorzubringen ist, und der letzte der fünf Körper ist bei gewöhnlicher Temperatur fest.

7) Der Siedepunkt des Wasserstoffs ist unbekannt, aber man kann annehmen, daß er unterhalb des ebenfalls unbekannten des Stickstoffs liegen wird. Auch der Siedepunkt des flüssigen Chlors ist unbekannt, man weiß nur, daß er tiefer als 0° liegt. Das Brom siedet nach Pierre bei + 63° und das Jod bei 180°.

Sicher muß man in diesen auffallenden Beziehungen mehr sehen als ein Spiel der Natur, als einen bloßen Zufall.

Um die eben ausgesprochene Ansicht über die physikalische Constitution der Atome anschaulich zu machen, wollen wir die fünf einfachen Körper, die wir gewählt, mit hohlen gleich großen Kautschukkugeln vergleichen, deren Wanddicke ist für

H	= 1	Millimeter
N	= 14	"
Cl	= 36	"
Br	= 80	"
J	= 127	"

Es ist einleuchtend, daß die erste dieser Kugeln sich durch Druck auf ein kleineres Volumen reduciren läßt als die zweite, diese auf ein

kleineres als die dritte u. s. w. Ebenso ist klar, daß die fünfte früher incompressibel oder flüssig werden wird als die vierte, und daß die erste noch gasförmig oder hohl ist, wenn die zweite schon incompressibel geworden. Ferner begreift man, daß eine Kraft, welche ausreicht, um den leeren Raum der dicksten Kugel zu beseitigen, für die andere zu schwach ist. Wir wollen dies durch einen Versuch erläutern. Man stelle die fünf Kugeln zwischen zwei Ebenen auf, von denen die Eine mittels einer Schraube auf- und niederbewegt werden kann. Man comprimirt die Kugel durch Herabschrauben der beweglichen Sphäre soweit, daß der leere Raum in der dicksten Kugel verschwunden ist und untersucht die vier andern. Ihre Capacität ist vermindert, die der ersten Kugel ist die größte, dann folgen der Reihe nach die zweite, dritte und vierte Kugel.

In der ersten Auflage dieses Buchs, welche im Jahre 1841 veröffentlicht ist, habe ich, durch die eben mitgetheilten Betrachtungen geleitet, die Ansicht ausgesprochen, daß der Grund, weshalb bisjetzt noch nicht alle Gase verdichtet worden seien, darin liege, daß man nicht hinreichend große Massen auf einmal der Compression unterworfen habe; und dann fügte ich hinzu, daß das Wasserstoffgas wol am letzten von allen Gasen comprimirt werden würde, und bezüglich dieses Punktes sind meine Vorhersagungen bestätigt. Ja ich hatte sogar einen Apparat beschrieben, mittels dessen es gelingen müßte, alle Gase zu verdichten.

Dieser Apparat besteht aus vier Pumpencylindern, deren Inhalt zueinander in dem Verhältnisse = 1 : 10 steht. Der größte dieser Cylinder faßt 1000 Litres, der kleinste 1 Litre. Diese vier Cylinder müssen miteinander communiciren und ihre Festigkeit muß im umgekehrten Verhältniß ihrer Capacität stehen. Endlich schlug ich vor, zu gleicher Zeit Kälte und Druck wirken zu lassen. Dies war der Stand der Frage, als Thilorier der Wissenschaft entrissen wurde, die er durch seine Arbeiten bereichert hatte.

Unter den Apparaten, die in seinem Cabinet gefunden wurden, befand sich einer, der genau nach der eben gegebenen Beschreibung construirt war.

Hat Thilorier mein Werk gekannt? Oder konnte er, durch dieselbe Analogie wie ich geleitet, denselben Apparat erdenken? Was man auch annehmen möge, jedenfalls wird meine Meinung dadurch bestätigt. Auch beweist dies wiederum, daß die theoretischen Ansichten, wenn sie auf Thatsachen ruhen, nicht immer zu verachten sind.

Ich zweifle nicht, daß man mit Hülfe dieses Apparats dahin gelangen werde, selbst Wasserstoff zu verdichten.

Solche Versuche würden ohne Zweifel höchst gefahrvoll sein, man müßte ungeachtet aller Vorsichtsmaßregeln, die man anwenden könnte, heftige Explosionen befürchten; allein dies würde sicher die Experimentatoren von der Ausführung nicht abhalten. Man weiß leider, sind das Cabinet des Physikers und das Laboratorium des Chemikers Arenen, auf denen man eines allerdings ebenso ruhmvollen Todes sterben kann als auf dem Schlachtfelde.

Doch ich kehre zu meiner Hypothese über die physikalische Constitution der Gase zurück. Diese Hypothese erklärt zugleich, weshalb gewisse Körper, die sehr energische chemische Eigenschaften besitzen, in gewissen Verbindungen latent werden können, wie z. B. das Chlor im Aethylchlorür, wie der Schwefel in der Wolle.

Ist es nicht begreiflich (man verzeihe mir diesen Vergleich), daß ein Atom Jod, welches in den Mittelpunkt eines Zinnatoms getreten ist, seine Löslichkeit in Alkohol verliert, und daß überhaupt seine Eigenschaften gänzlich maskirt sein müssen? Ist es nicht ferner ebenso wahr, daß ein Atom Gummi, wenn es sich innerhalb eines Atoms Harz befindet, nicht mehr im Wasser löslich sein kann?

Die Durchdringlichkeit oder Affinität, um die es sich handelt, hat zur Periode der **Generation** der Materie, wie wir sie jetzt kennen, stattgefunden, und war durch Kräfte bedingt, die uns sicher stets unbekannt bleiben werden, da diese Kräfte seit langer Zeit nicht mehr auf der Erde wirksam sind. Denn man gibt allgemein zu, daß auf Erden nichts mehr geschaffen wird, und daß alle Erscheinungen, die wir beobachten, in unaufhörlichen Metamorphosen bestehen. „**Die Elemente gingen durcheinander, wie die Saiten auf dem Psalter durcheinanderklingen und doch zusammenlauten: wie man solches an der That wol siehet.**“ [1]

Diese ursprüngliche Durchdringlichkeit oder Affinität bestand zwischen Urmoleculen, deren specifisches Gewicht 10, 100, 1000 mal geringer war als das des Wasserstoffs. Das **Ozon** von **Schönbein**, das noch nicht isolirt worden ist, wird vielleicht ein unerwartetes Licht auf diese Frage werfen. Vielleicht steht diese eigenthümliche Substanz zwischen dem Wasserstoff und dem **Aether**, den ich mit **Ampère**,

---

[1] Buch der Weisheit, XIX, 17.

Mossoti, Faraday [1] als den Ursprung der Materie, als ihr primordiales Atom betrachte. Hiernach würde das Ozon, welches noch nicht verdichtet ist, vor das Wasserstoffgas zu stellen sein, und das Atomgewicht des letztern wäre ein Multiplum von dem des Ozons, wie das des Ozons ein Multiplum von dem des Aethers wäre. [2]

Ich habe umsomehr Vertrauen zu dieser Ansicht über die Bildung der Materie, als Muschenbroeck folgende beiden Sätze sogar experimentell als bestätigt annimmt: „1) Wie groß auch das Volumen eines Körpers sein mag, so sind doch die leeren Räume zwischen den Moleculen oder Atomen desselben so bedeutend, daß man die Möglichkeit einsieht, den Körper ohne Verlust auf ein unendlich kleines Volumen zusammenzudrücken.“

„2) Im kleinsten Sandkörnchen, im eben nur noch wahrnehmbaren Sonnenstäubchen sind so viele trennbare oder getrennte Theilchen, daß man daraus eine beliebig große Kugel bilden könnte, in der je zwei Nachbaratome einander näher stehen, als die kleinste angebbare Länge beträgt.“

Aber eine andere Durchdringlichkeit charakterisirt ferner die Materie: das ist die chemische Durchdringlichkeit oder Affinität. So bilden ein Molecul Chlor und ein Molecul Wasserstoff zwei Molecule Salzsäure; ein Molecul Stickstoff und ein Molecul Sauerstoff zwei Molecule Stickstoffoxyd; ein Molecul Sauerstoff und zwei Molecule Wasserstoff zwei Molecule Wasser. Findet diese Art der Endosmose vom Sauerstoff zum Wasserstoff, oder vom Wasserstoff zum Sauerstoff statt? Wir wissen es nicht.

Aber wir können vermuthen, daß der elektro-positive Wasserstoff den elektro-negativen Sauerstoff einhüllt, und zwar aus folgendem

---

[1] Peltier, „Essai sur la coordination des causes qui précèdent, produisent et accompagnent les phénomènes électriques“, S. 13.

[2] Neuere Arbeiten von Becquerel, Fremy, Houzeau, De Larive, Marignac, F. Moigno, Phipson u. s. w. weisen nach, daß das Ozon nur Sauerstoff ist, der durch Entziehung des einen der beiden Fluida, welche zusammen seinen neutralen Zustand bewirken, elektrisch geworden. Hiernach könnte das Ozon bald elektro-positiv, bald elektro-negativ sein. Dieser Gegenstand wird die Thätigkeit der Physiker und Chemiker offenbar noch lange in Anspruch nehmen.

Nach Phipson „ist jedesmal, wenn der Sauerstoff auf einen organischen Körper einwirkt, das Gas im Zustande des Ozons“. (S. Kosmos, 18. Lief., 7. Nov. 1856, und La Science, Nr. 89, November 1856.)

Grunde. Man weiß, daß die Metalle, selbst der Arsenik, ohne Einwirkung auf den thierischen Organismus sind; daß sie aber, mit gewissen elektro-negativen Körpern verbunden, sehr heftig wirken können, und zwar umsomehr, als das elektro-negative Element in größerer Menge in die Verbindung eingeht.[1]

---

[1] Ueber den Einfluß der Zahl der — E Atome habe ich 1836 in mehren Journalen eine Note veröffentlicht, aus der hier ein Auszug folgt:

„Nicht nur zwischen den Verbindungen des Sauerstoffs, sondern fast zwischen allen Verbindungen existirt eine Relation, nämlich die vergrößerte Energie ihrer Einwirkung auf den thierischen Organismus in directem Verhältniß zur Zahl der Atome des elektro-negativen Elements.

„Folgende Zusammenstellung wird dies erläutern:

Körper von schwacher Wirkung im Vergleich zu den folgenden:	Körper von starker Wirkung im Vergleich zu den vorhergehenden:
Essigsaures Kupferoxydul.	Essigsaures Kupferoxyd.
Antimonige Säure.	Antimonsäure.
Arsenige Säure.	Arsensäure.
Salpetrige Säure.	Salpetersäure.
Algarothpulver.	Antimonbutter.
Quecksilberchlorür.	Quecksilberchlorid.
Wasser.	Wasserstoffsuperoxyd.
Quecksilberjodür.	Quecksilberjodid.
Salpetersaures Quecksilberoxydul.	Salpetersaures Quecksilberoxyd.
" Wismuthoxydul.	" Wismuthoxyd.
Quecksilberoxydul.	Quecksilberoxyd.
Stickstoffoxydul.	Stickstoffoxyd.

„In der ersten Reihe findet man eine Verbindung, deren Indifferentismus absolut ist: das Wasser. Darauf folgen nach ihrer Einwirkung auf den thierischen Organismus: salpetersaures Wismuthoxydul, Quecksilberoxydul, antimonige Säure, Quecksilberchlorür u. s. w.; die arsenige Säure schließt diese Reihe: sie ist ein Gift.

„In der zweiten Reihe scheint die am wenigsten heftig wirkende Verbindung das Quecksilberoxyd zu sein, dann folgt das salpetersaure Wismuthoxyd, das essigsaure Kupferoxyd u. s. w. Alle andern sind starke Gifte, die man nicht gut nach der Heftigkeit ihrer Wirkungen ordnen kann.

„Welcher Unterschied zwischen Wasser und Wasserstoffsuperoxyd!

„Ich habe in dieser Tabelle die Oxyde den Oxyden, die Säuren den Säuren, die Salze den Salzen gegenübergestellt; jetzt will ich zwei Oxydationsreihen, die des Stickstoffs und die des Arsens, miteinander vergleichen, um besser die Wahrheit meiner Annahme prüfen zu können.

„Die atmosphärische Luft ist ein Gemenge von Stickstoff und Sauerstoff, die auf den thierischen Organismus in keiner Weise schädlich einwirkt; im Gegentheil ist ihre Wirkung wohlthuend und kein Thier kann ohne dieselbe leben.

Erwägt man nun, daß der Wasserstoff als ein Metall betrachtet wird, daß das Wasser gar keine Einwirkung auf den thierischen Organismus besitzt, das Wasserstoffsuperoxyd aber alle organischen Gewebe zerstört, so folgerte man daraus ganz natürlich, daß jedes Wassermolecul von einem Molecul Wasserstoff umgeben ist. Hiernach würde ein Atom Wasser von innen nach außen aus Wasserstoff, Sauerstoff und Wasserstoff bestehen. Fügt man ein neues Sauerstoffatom hinzu, so entsteht das Wasserstoffsuperoxyd.[1]

Welche Untersuchungen sind nach dieser Richtung noch anzustellen, und welche brillante Resultate versprechen sie!

Die Isomerie begreift man mit Hülfe unserer Hypothese leicht. Nehmen wir z. B. vier Körper A, B, C, D an. Diese Körper können folgende verschiedene Verbindungen geben: ABCD, ABDC, ACBD, ACDB, ADBC, ADCB u. s. w. u. s. w.

Denken wir uns aber eine gewisse Zahl Atome von jedem ein-

„Das Stickstoffoxydul, welches mehr Sauerstoff als die atmosphärische Luft enthält, berauscht die Thiere, welche es athmen, und bringt ihren Tod hervor, wenn die Einathmung längere Zeit fortgesetzt wird.

„Das Stickstoffoxyd enthält noch einmal soviel Sauerstoff als das vorhergehende; es ist sehr giftig.

„Die salpetrige Säure wirkt noch viel heftiger auf den Organismus.

„Die Salpetersäure endlich ist eins der heftigsten Gifte, die man kennt.

„So besteht also die atmosphärische Luft, die das Leben unterhält und ohne die kein Leben dauern kann, aus denselben Elementen als die Salpetersäure, die das Leben zerstört, mit der kein Leben dauern kann.

„Das Arsen als Metall ist ohne Einwirkung auf den Organismus: mit einer gewissen Menge Sauerstoff verbunden bildet es das Arsensuboxyd, welches nachtheilig wirkt; mit mehr Sauerstoff entsteht die arsenige Säure (Rattengift), die als sehr starkes Gift bekannt ist; die höchste Oxydationsstufe endlich ist die Arsensäure, ein höchst energisch wirkendes Gift.

„Noch eine andere Relation findet nach eben dieser Richtung statt: Die Löslichkeit der Verbindungen ist um so größer, je größer die Zahl der — E Atome ist. In der That sind die in der ersten Reihe aufgeführten Körper sehr wenig löslich, während es die in der zweiten Reihe, mit einzelnen Ausnahmen, in viel höherm Grade sind.

„Man wird dieser Ansicht gewiß mehr als einen Einwurf zu machen haben, und ich bin weit entfernt, ein chemisches Gesetz über die Beziehungen, die zwischen den medicinischen Eigenschaften der chemischen Medicamente und der Zahl ihrer — E Atome existiren, aufstellen zu wollen; indessen will ich wenigstens die Aufmerksamkeit der Mediciner auf diesen Punkt lenken, er ist, wie ich glaube, dieser Aufmerksamkeit würdig."

[1] S. den zweiten Theil, zweiundachtzigster Versuch.

zelnen Elemente, z. B. A_{48}, B_{42}, C_{12}, D_{22} [1], so können wir uns die Möglichkeit einer endlosen Zahl isomerer Verbindungen vorstellen.

Unabhängig von dieser chemischen oder heterogenen Durchdringlichkeit gibt es noch eine andere, welche ich physikalische oder homogene nennen will, und die zwischen chemischgleichen Moleculen, als Wasser und Wasser, Schwefel und Schwefel u. s. w., stattfindet.

Wenn es mir gelungen ist, mich durch diese wenigen Worte deutlich zu machen, so wird man leicht den Mechanismus des Uebergangs der Körper aus dem gas- oder dampfförmigen in den flüssigen Zustand, wie die successive oder gleichzeitige Condensation der während der Glutperiode der Erde in der Atmosphäre als Gase enthaltenen Körper begreifen.

Ich werde das Beispiel des Wassers wählen und dann in der Auseinandersetzung meiner Ansichten über die Geogenie fortfahren.

Man weiß, daß der Wasserdampf über 100° unsichtbar ist, daß er unterhalb 100° sichtbar wird und im letztern Zustande aus hohlen Kugeln besteht, deren Wände dick genug sind, um mit Hülfe der Loupe auf einer schwarzen Fläche gesehen zu werden. Diese Bläschen bilden den Nebel. Bei einer niedrigern Temperatur und unter gewissen elektrischen Einflüssen, die von Peltier so genau studirt sind, ziehen sich die Bläschen an und bilden kleine volle Kugeln, die endlich zur Erde fallen: dies sind die Regentropfen, aus denen in den höhern Regionen der Atmosphäre und unter gewissen Umständen und durch Kräfte, die vielleicht noch nicht genügend erkannt sind, sich die Hagelkörner bilden. [2]

Dringt man weiter in diesen Erscheinungen vor, so findet man,

---

[1] Diese Zahlen entsprechen der Zusammensetzung des Fibrins: $C_{48}H_{42}N_{12}O_{22}$.

[2] Durch das Wort Kraft, welches ich bald im Singular, bald im Plural gebrauche, verstehe ich die Ursache oder Ursachen, welche einen Körper bewegen oder ihn zu bewegen streben. Meiner Ansicht nach gibt es aber nur eine Kraft, die Attraction und ihren Gegner, die Repulsion, welche nur eine Modification der Attraction ist. Dies ist so richtig, daß dieselbe Kraft für einen Körper attractiv und für einen gewissen andern repulsiv sein kann, und vice versa. So ist eine bis zu 200° erhitzte Platinschale repulsiv in Beziehung auf Wasser, welches dieselbe nicht benetzt, aber attractiv für Schwefelsäure, von der sie benetzt wird. Und finden nicht dieselben Vorgänge in der Natur statt? Sehen wir nicht täglich unter unsern Augen einen Körper A ohne Affinität für einen andern B, während er sich unmittelbar mit einem dritten C verbindet? (S. S. 203, was daselbst von + und — Wärme gesagt ist.)

daß sie sehr geeignet sind zur Erklärung des Regens ohne Wolken, der Bildung letzterer in irgendeinem Punkte der Atmosphäre, und endlich der Stürme mit oder ohne Regen.

Bisjetzt hat man auf diese Phänomene, welche sich täglich vor unsern Augen zutragen, wenig Acht gehabt; und doch sind sie nicht ohne Bedeutung, denn sie werfen ein neues Licht auf eine der Haupteigenschaften der Materie, auf die Compressibilität.

Versuchen wir es, die Aufmerksamkeit einen Augenblick auf diese Thatsachen zu lenken.

Nehmen wir, wie bereits geschehen, an, daß die Gasatome aus so dünnwandigen Bläschen bestehen, daß sie für uns unsichtbar sind, so wird ihre große Compressibilität begreiflich.

Nehmen wir ferner an, daß die Atome der Flüssigkeiten aus vollen Kugeln gebildet sind, so erklärt sich ebenfalls mit großer Leichtigkeit ihre fast absolute Incompressibilität.

Nehmen wir endlich an, daß die festen Körper von den Flüssigkeiten nur durch kleinere Intermolecularräume verschieden sind, so finden wir darin eine Erklärung für den Uebergang aus dem flüssigen Zustande in den festen, für die Vergrößerung des Volumens in einzelnen Fällen (Eis), für die Verminderung desselben in den meisten andern, und endlich für die Krystallformen, die verschieden ausfallen, je nachdem die Kugeln einander in einer verschiedenen Zahl von Punkten berühren, woraus dann eine verschiedene Zahl von Flächen und Kanten, sowie verschiedene Winkel resultiren.

Folgender Versuch über das Festwerden des Wassers scheint hierher zu gehören.

Hundertfünfter Versuch. — Man füllt eine 0,10 Meter lange und 0,01 Meter weite Röhre zur Hälfte mit destillirtem Wasser und zieht die Oeffnung aus; dann erhitzt man das Wasser und schmilzt während des vollen Siedens die Spitze mittels des Löthrohrs zu. Ist letztere Operation gut ausgeführt, so ist die Röhre von aller Luft frei, und das Wasser fährt eine zeitlang fort zu sieden, obwol die Röhre der Einwirkung der Flamme entzogen ist. Nachdem der Apparat abgekühlt ist, stellt man ihn vertical und setzt ihn einer Temperatur von — 6° bis 8° aus. Nach mehren Stunden ist das Wasser gefroren. Eine genaue Betrachtung mittels der Loupe läßt in der Mitte des Cylinders eine große Zahl von Bläschen erkennen, die nicht mit Luft gefüllt sein können.[1] Ihre Entstehung läßt sich

[1] In einem Werke unter dem Titel: „Sull' origine delle montagne e dei

folgendermaßen erklären: im Augenblick der Erstarrung wird, wie bekannt, eine Quantität Wärme frei, die auf eine gewisse Zahl flüssiger oder voller Atome wirkt und dieselben in hohle oder blasenförmige (Dampf, Nebel) verwandelt, wodurch sich die Ausdehnung des Wassers bei seinem Uebergange in den festen Zustand erklärt.

Das Resultat dieses Versuchs ist von so großer Bedeutung, daß man denselben nicht eher als entscheidend wird betrachten dürfen, bevor er nicht zu wiederholten malen verificirt worden ist.

Hundertsechster Versuch. — Folgender Versuch scheint mir genügend, meine Ansichten über die Durchdringlichkeit oder Copulation der Atome zu unterstützen. Man gießt in ein Probirkölbchen 12—15 Gramm wasserfreie schweflige Säure und verschließt dasselbe hermetisch. Dann kehrt man das Kölbchen um, sodaß sich alle Säure im Halse befindet. Man bemerkt, daß Alles vollkommen durchsichtig ist. Jetzt erhitzt man den Bauch des Kölbchens über einer Spirituslampe, worauf sofort im Innern weißliche Wolken entstehen, welche die Durchsichtigkeit aufheben.

Die Ursache dieser ungewöhnlichen Erscheinung möchte wol folgende sein: Die Molecule der Säure und ihre Intervalle dehnen sich innerhalb eines durch die Wände des Kölbchens begrenzten Raumes aus, während letzteres selbst sich nicht in demselben Verhältniß wie die Molecule der Säure ausdehnen, sodaß das Gefäß dieselben nicht mehr fassen kann. Jetzt condensiren sich die Molecule, nehmen an Zahl ab und wachsen infolge ihrer gegenseitigen Durchdringung an Dicke: dadurch entsteht ein Nebel von schwefliger Säure.

Nimmt man an, daß der Kolben, solange er kalt ist, 100 Molecule (hohle Kugeln) von schwefliger Säure enthalte, so wird er deren im erwärmten Zustande nur 50 fassen, welche die übrigen 50 absorbirt haben. Jetzt sind die Intervalle zwischen den Moleculen größer, letztere haben an Volumen zugenommen und ihre Wände sind dicker geworden, und diese größere Dicke macht sie nach meiner Annahme sichtbar und hebt ihre Durchsichtigkeit auf. (S. S. 247 fg.)

Aus diesem Versuch ergibt sich die praktische Folgerung, daß die Tension der Dämpfe nicht unbegrenzt ist.

---

volcani" u. s. w., hat Professor P. Gorini aus Lodi diesen Versuch in extenso beschrieben und mißt demselben eine gewisse Bedeutung bei.

Das Werk von Gorini erschreckt anfangs durch seine Kühnheit, zwingt jedoch bald zur Anerkennung. Es hat sicher eine große Zukunft.

Wir fassen das über die physikalische Constitution gasförmiger, flüssiger und fester Körper Mitgetheilte zusammen, indem wir sagen, daß die Molecule der beiden erstern kugelförmig oder durch krumme Flächen, und die der letztern durch ebene Flächen begrenzt sind; hieraus folgt, daß die Intermolecularräume bei den festen Körpern weniger groß sein können als bei den flüssigen. Damit erklärt sich auf genügende Weise die Contraction der meisten Körper bei ihrem Uebergange aus dem flüssigen Zustande in den festen. Die Molecule der Gase endlich sind kugelförmig und hohl und von wägbarer Materie nicht erfüllt, während die der flüssigen und festen Körper voll sind, worin der Grund ihrer Incompressibilität liegt.

Ich schließe diese Betrachtungen, indem ich bemerke, daß diese Andeutungen über die physikalische Constitution der Materie und besonders der Gase sehr unvollkommen und sehr geeignet sind, angefochten zu werden; doch hoffe ich, von meinen Lesern mit Nachsicht beurtheilt zu werden, wenn sie bedenken, daß ich hauptsächlich im Auge hatte, an die Ideen der alten Philosophen wie an die neuern Arbeiten von Swedenborg und Wollaston zu erinnern, welche dieselbe Frage behandelt haben, ohne den sphäroidalen Zustand, der zu jener Zeit noch unbekannt war, zu berücksichtigen.

Kehren wir jetzt zu der Glutperiode der Erde zurück.

Zu jener Periode bildeten viele Substanzen, die gegenwärtig fest oder flüssig sind, einen Theil der Atmosphäre, und befanden sich darin isolirt oder verbunden. Antimon, Zink, Arsen, Quecksilber, Phosphor, Schwefel, Jod, Brom, Chlor u. s. w., frei oder in Verbindungen, und das Wasser gehörten zu diesen Substanzen. Eine große Zahl von Verbindungen, Säuren, Carbureten u. s. w. waren gasförmig in der Atmosphäre enthalten. Alle diese Körper condensirten sich in dem Maße als die Erdkugel kälter wurde, und gingen bei der Berührung mit der Erdrinde in den sphäroidalen Zustand über und verdampften von neuem [1], wobei sie die verschiedenartigsten Zersetzungen und Metamorphosen erlitten, wie wir dies im zweiten Theile dieses Werks gesehen haben.

Der Uebergang der Körper aus dem gasförmigen in den sphäroidalen Zustand an der Oberfläche der Erde ist eine nothwendige Folge des glühenden Zustandes der letztern. Das Studium des sphäroidalen Zustandes von diesem Gesichtspunkte aus muß daher mit den bedeutungsvollsten Entdeckungen concurriren, eine große Zahl von Er-

[1] S. den neunundsechzigsten Versuch.

scheinungen erklären und zur Auffindung der größten Wahrheiten führen.

Die Atmosphäre der Erde war ein weites Laboratorium, in dem eine große Zahl von Actionen und Reactionen erfolgte. Es ist gestattet, anzunehmen, daß sie alles Wasser, welches sich gegenwärtig an der Oberfläche und im Innern der Erde befindet, sowie Kohlenwasserstoffe der verschiedensten Grade enthielt.

Konnten sich letztere, nachdem sie sich condensirt und den sphäroidalen Zustand angenommen hatten, nicht ähnlich verhalten, wie wir im fünfundneunzigsten Versuch gesehen haben? Mir scheint dies außer allem Zweifel. Später nahmen dann diese Vorräthe von wasserstoffhaltigem Kohlenstoff, diese eigentlichen Steinkohlen, die durch Ströme herbeigeschwemmten Pflanzentheile, die man heute darin findet, auf, und assimilirten sie sich; endlich bedeckten Wasserfluten das Ganze, deren Entstehung durch den Uebergang des Wassers aus dem sphäroidalen Zustande in den flüssigen sich leicht erklären läßt.[1]

Indem die Atmosphäre immer mehr und mehr Stoffe an der Oberfläche der Erde absetzte, nahm sie constant an Dichtigkeit ab.

Das Wasser, welches in den sphäroidalen Zustand überging, war nicht rein; es hatte sich aus der Atmosphäre niedergeschlagen und enthielt Säure, Salze und viele andere Körper in Lösung; es konnte sich daher verhalten wie im sechsten Versuch. Das Wasser verdampfte von neuem und langsam, sammelte in seiner Masse Sand, Thon und überhaupt Alles, was sich in seinem Bereich fand; daraus erklären sich die partiellen Formationen, die Lager von plastischem Thon und primitivem Sand, die sonst so schwer zu erklären sind. (S. den fünfundzwanzigsten Versuch.)

Man könnte vielleicht einwenden, daß die Geschwindigkeit der Regentropfen[2], die aus der Atmosphäre jener primitiven Zeiten fielen, hinreichend sein mußte, um die Repulsionskraft der glühenden Erdoberfläche zu überwinden; allein directe Versuche haben uns überzeugt,

---

[1] Diese Hypothese über die Bildung der Steinkohle, die nur hier ausgesprochen ist, hat vor den ältern den Vorzug, daß sie durch die Synthese bestätigt ist. (S. fünfundneunzigster Versuch.) Ich werde weiter unten auf diese wichtige Formation zurückkommen. (S. den §. Meteorologie am Ende des Werks.)

[2] „Wir haben schon erwähnt, daß Herr Boutigny aus gewissem kohlehaltigen Regen die Formation der Steinkohlen ableitet. Diese Idee ist neu und fruchtbar ....“ (Babinet, „Revue des deux mondes“, 15. Mai 1855, Astronomie cosmogonique.)

daß dies nicht der Fall sein konnte. (S. den siebenundfunfzigsten Versuch.)

Nahm die Atmosphäre jener Epoche, deren Dichtigkeit sehr beträchtlich sein mußte, an der Bewegung der Erde theil, und trieb sie die Centrifugalkraft gegen die Aequatorialregionen?

Wenn dies der Fall war, so mußten von diesen Regionen aus Strömungen nach den Polen zu stattfinden. Es mußten, wenn die Erscheinungen beschriebenermaßen erfolgen konnten, das primitive Gestein am Aequator der Erdoberfläche am nächsten, und nach den Polen zu immer tiefer liegen. Bestätigen die geologischen Forschungen letztere Hypothese?

Konnte alles Wasser der Erde am Aequator sich condensiren, in den sphäroidalen Zustand übergehen und dort einen ähnlichen Ring bilden wie der Saturn besitzt? Wenn diese Frage affirmativ entschieden wäre, so wäre die Existenz der Strömungen vom Aequator zu den Polen nachgewiesen.

Nimmt man also an, daß das Wasser in ausgedehntem Maße an der Erdoberfläche im sphäroidalen Zustande gewesen sein konnte, so hat man den Schlüssel zu einer großen Zahl geologischer Bildungen, sowie partieller oder universeller Wasserfluten.

Da der Erdball mehr Wärme ausstrahlte als er empfing, so kühlte er mehr und mehr ab, und endlich trat die Periode ein, wo er vom Wasser benetzt und umgeben werden konnte.[1] Von jetzt an sehen wir Pflanzen und Thiere entstehen. Aber wie viel Millionen Jahrhunderte mußten vergehen, ehe die Erde nach ihrer Trennung von der Sonne als Wohnplatz für lebende Wesen dienen konnte?

Man würde sich übrigens täuschen, wenn man glaubte, daß die Atmosphäre ihre gegenwärtige Zusammensetzung gehabt haben müsse, damit auf den hier und da aus den Fluten hervorragenden Inseln Pflanzen wachsen konnten. Man weiß jetzt mit voller Bestimmtheit, daß gewisse Kryptogamen alle Phasen ihres Lebens in Mitteln, welche aus den tödtlichsten Substanzen bestehen, durchlaufen können (Bory de Saint-Vincent, Dutrochet, Bouchardat, Chatin, Loyet, Boutigny u. s. w. u. s. w.).

Man würde sich ferner täuschen, wenn man glaubte, daß die Ruhe auf der Erdoberfläche für immer hergestellt gewesen sei, sobald dieselbe vom Wasser bedeckt war. Die vibrirende Bewegung der glühenden Masse konnte nicht aufhören und hat gegenwärtig noch immer

[1] S. den einundneunzigsten Versuch.

nicht aufgehört. Erderschütterungen, Erhebungen, vulkanische Eruptionen fanden häufig statt, die geschmolzene Masse brach wiederholt bis zur Oberfläche durch, und der sphäroidale Zustand mußte nothwendig partiell an verschiedenen Orten wieder eintreten.

Die ersten Pflanzen, welche an der Oberfläche der Erde entstanden, mußten mit einer Kraft emporwachsen, die heute ohne Beispiel ist; sie gehörten zufolge der Einfachheit ihrer Organisation und ihren riesenhaften Proportionen Geschlechtern an, die mit den heutigen nur die chemische Zusammensetzung gemein hatten.

Herr Ad. Brogniart glaubt, daß die Atmosphäre, welche diese Vegetation ernährte, mehr Kohlensäure enthielt als die gegenwärtige, was zur Genüge deren schnelles Wachsthum und außerordentliche Entwickelung erklären würde.

Später nahmen riesige Reptilien von dem Gewässer wie von dem Festlande Besitz, und in einem noch spätern Zeitraume zeigten sich die Thiere mit warmem Blut, die Säugethiere und die Vögel.

Wir wollen bei dieser Schöpfungsperiode ein wenig verweilen.

Die höchste Intelligenz, welche die Welten ins Dasein gerufen, hatte Alles vorhergesehen, Alles zur Erfüllung ihres Planes weise angeordnet; als die für die Entstehung der Wirbelthiere mit warmem Blut bestimmte Periode gekommen war, mußte ein für die Ausbrütung geeignetes Mittel vorhanden sein, ein Mittel, dessen Temperatur unveränderlich war, wie auch die der Umgebung schwanken mochte. Wie man sich erinnert, bietet sich dieses Mittel in den sphäroidalen Körpern dar, deren Temperatur fast invariabel ist, wie groß auch die Schwankungen der umgebenden Körper sein mögen.

Wie man sieht, vermag der sphäroidale Zustand den Vorhang, der unsern Blicken das undurchdringlichste Geheimniß der Schöpfung verhüllt, wenn auch nicht zu zerreißen, so doch wenigstens ein wenig zu lüften, und weitere Beobachtungen und Versuche werden vielleicht mehr Licht hierüber verbreiten [1] . . . .
. . . .

(S. den zweiten Theil bis zum dreiundsiebzigsten Versuch inc.)

---

[1] Ich bitte die Leser, die diese Induction für zu kühn halten, sie nicht strenger zu beurtheilen als der Professor Belli, und mit ihm zu sagen: „Era naturale che la vista di fatti così sorprendenti facesse al signor Boutigny una viva impressione, e ch'ei ci vedesse maggiore novità di quella che altri vi possa scorgere. E noi non dobbiamo essergliene

Eine bemerkenswerthe Periode im Leben [1] unsers Planeten ist besonders durch die in ruhigen Gewässern erfolgte Bildung von Schichten

---

severi, essendo anzi forse a ciò debitori dell'avere egli con tanta perseverenza continuate le sue bellisime osservazioni." (Aus dem schon citirten „Giornale", S. 203.)

[1] Alles auf Erden lebt, zeugt und stirbt; aber jedes Ding lebt, zeugt und stirbt nach gewissen bei der Entstehung jedes Schöpfungsobjects vorgeschriebenen Gesetzen. So ist die Existenz und die Fortpflanzung der Animalien anderer Art als die der Vegetabilien, und unter den Thieren selbst zeigen sich in diesen Beziehungen große Verschiedenheiten. Soll ich erwähnen, daß eine Molluske auf andere Weise lebt und sich fortpflanzt als ein Säugethier? Dasselbe ist der Fall bei den unbelebten Körpern; ihre Art zu existiren und sich fortzupflanzen ist für jeden eine andere, und differirt dem Wesen nach durchaus von der der Thiere und etwas weniger von der der Pflanzen. Uebrigens sind die Vegetabilien wie die Animalien dem Einflusse einer Kraft unterworfen, welche man mit dem Namen der Lebenskraft bezeichnet hat, und deren Natur vollständig unbekannt ist; gleichwol verschwinden die Unterschiede zwischen den Kräften, die den organischen Erscheinungen zugrunde liegen, und denen, welche die anorganischen Phänomene ins Leben rufen, immer mehr und mehr; aber es wäre verfrüht, behaupten zu wollen, daß es nur eine Kraft gäbe, obwol es, wie wir bereits oben angedeutet haben, sehr wahrscheinlich ist, daß nur ein Element, nur eine Materie existirt.

Vor einigen Jahren verglich Dumas den Menschen mit einer Dampfmaschine, ein Vergleich, der mir äußerst kühn erschien; jetzt halte ich ihn nur für richtig und in allen Punkten begründet. (Essai de statique chimique des êtres organisés, par MM. Dumas et Boussingault.) Folgende Beispiele werden zum bessern Verständniß meiner Ansichten über das Leben und den Tod der anorganischen Geschöpfe beitragen.

Man denke sich in irgendeinem Raume ein Gemenge von zwei Volumen Wasserstoff und einem Volumen Sauerstoff; ein elektrischer Funke schlage durch dies Gemenge, so wird eine Detonation erfolgen und die Bildung einer gewissen Menge Wassers stattfinden, welches gewisse variable physikalische, gewisse invariable chemische Eigenschaften besitzt: darin besteht das unorganische Leben des Wassers. Darauf lasse man dieses Wasser in Dampfform über glühende Kohlen oder rothglühende Eisenspäne strömen: das Wasser zersetzt sich in seine Elemente, oder bildet vielmehr andere Verbindungen, das heißt, es wird zerstört, es erleidet den unorganischen Tod. Man füge zum Wasserstoff und Sauerstoff Kohle oder Stickstoff in einer gewissen Verbindung und entzünde das Gemenge: es entsteht etwas Anderes als Wasser, welches einige Zeit besteht und sich alsdann zersetzt, um dann wieder in den allgemeinen Kreislauf der Natur zu treten. Alles Dies ist leicht verständlich, wenn man mit allen Philosophen die Unzerstörbarkeit der Materie und ihre zahllosen Metamorphosen annimmt. Dies steht übrigens meiner Hypothese über die Existenz nur eines wägbaren Elements nicht entgegen. Bei den eben gestell-

ausgezeichnet, die so regelmäßig sind, daß man nicht müde wird, sie zu bewundern. An gewissen Orten finden sich Kalk- und Kieselschichten von einer solchen Bildung, daß man sie für Mauern, von Riesen aufgebaut, ansehen kann; die Orte sind indeß hiervon ausgenommen, an denen der Erdboden entweder durch Wasserinfiltrationen und durch neue, nach der Bildung jener Schichten erfolgte Erdstöße wieder bis zur Oberfläche aufgewühlt worden ist; allein dies sind nur rein locale Zufälle, denen man nur wenig Rechnung tragen darf, und die der Bildung der Schichten, welche den das primitive Gestein bedeckenden Erdboden ausmachen, durchaus fremd sind.

Neue Erhebungen fanden statt, Gebirgsketten stiegen über die Erdoberfläche empor, die Landthiere wurden geschaffen, submarine Schichten nahmen fort und fort ihre Entstehung und bereiteten den Muschelgattungen ein Grab, die unter den neugeschaffenen Bedingungen nicht mehr zu leben vermochten.

Die zahlreichen Gattungen von Seethieren, welche man in den Kalk- und Sandschichten versteinert findet, scheinen in der vollkommensten Ruhe ihren Untergang gefunden zu haben. Man möchte sagen, daß sich eine allgemeine Ursache der Asphyxie in dem Schooße jener ruhigen Gewässer verbreitet habe, in denen die Thiere lebten. Heute findet man sie in einer Hülle von Kalk oder Silicaten versteinert, wodurch sie uns in allen ihren Proportionen und zartesten Theilen erhalten worden sind.

Diese Conservation gewisser Fossilien in einer Vollkommenheit, der nichts vergleichbar ist, erfüllt uns mit Staunen, und wir erblicken darin einen unwiderleglichen Beweis für die vollkommene Stabilität und die tiefe Ruhe, welche in jenen Gewässern zur Zeit des Untergangs dieser Thiergattungen herrschen mußten.

Wir gelangen jetzt zu einem Zeitpunkte, an dem sich die fürchterlichste Katastrophe zutrug, die je auf Erden stattgefunden hat.

Existirte der Mensch zu jener Zeit schon? Es gibt ebenso viele

---

ten Annahmen repräsentiren Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff einfach nur Complexe des primitiven Elements.

„Ed ora che la vita ha potuto discendere nel campo de' minerali e piantarvi il suo stendardo, forse altre conquiste l'attendono, ed è difficile il prevedere dove troverà una barriera che l'arresti nel suo cammino. Già varie volte fu esternata l'opinione che materia e vita non potessero mai dissociarsi, e che l'incessante attività della materia non fosse che l'effetto d'un vasto travaglio d'organizzazione." (P. Gorini, „Sull' origine delle montagne e dei volcani etc.", Lodi 1851, S. 257.)

Gründe für als gegen diese Annahme. Aber es ist hier nicht der Ort, diese große Frage zu behandeln.

Eine vulkanische Eruption von der ungeheuersten Gewalt erschütterte die ganze Masse der Erde. Sie schleuderte in den Weltenraum hinaus einen Theil der geschmolzenen Erdmasse, in dessen Mitte sich Bruchstücke der zertrümmerten Erdrinde befanden. Diese Masse blieb in der Region, in welcher die Anziehungskraft der Erde und die der Sonne einander das Gleichgewicht hielten, stehen, wurde von der Erde mit fortgezogen und blieb ihr Satellit.[1] Das Volumen dieser hinausgeschleuderten Erdmasse betrug und beträgt noch den 79. Theil des Erdraums; dieselbe löste sich an den Theilen der Erde, welche gegenwärtig vom Meere bedeckt sind.

Ein Abgrund war auf der Erde gebildet; er mußte durch die Gewässer ausgefüllt werden, und dies geschah sehr bald[2] durch Ströme von ungeheurer Geschwindigkeit. Einige dieser Ströme brachen von Süd-West, andere von Nord-Ost herein, also ungefähr parallel mit einer Linie, die an der Straße von Bab-el-Mandeb beginnen, sich durch das Rothe Meer, Aegypten und das Mittelmeer fortsetzen und in Spanien enden würde. Vielleicht wurde durch den Einbruch dieser Wasserfluten die Meerenge von Gibraltar geöffnet und die Insel Atlantis vernichtet, deren Existenz lange Zeit zweifelhaft war, aber nicht mehr angefochten wird.

So findet man in dieser Absonderung eines kleinen Theils der Erdmasse eine ebenso einfache wie natürliche Ursache der gewaltigen Ströme, welche die ganze Erdoberfläche verwüstet haben, indem sie überall auf ihrem Wege weite und tiefe Thäler gruben, alle Thierracen tödteten, Berge umstürzten und die hier und da zerstreuten Felsen absetzten, die unter dem Namen der erratischen Blöcke bekannt sind. Diese Wasserströme, welche Alles nach demselben Theile der Erdoberfläche bewegten, geben zugleich eine Erklärung für die großen Massen von Geröllsteinen, deren abgerundete Ecken den Beweis liefern, daß sie mit außerordentlicher Heftigkeit durch Wasserfluten hin-

[1] Würden wir nicht mit Recht an die Physiker, welche annehmen, daß die Körper im sphäroidalen Zustande durch eine Dampfschicht getragen werden, die Frage stellen dürfen, welches die Natur des Dampfes sei, der die Erde und ihren Satelliten und überhaupt alle elementaren Körper trägt, welche im Weltenraum existiren? (S. §. 1 des dritten Theils.)

[2] „Und Gott sprach: Es sammle sich das Wasser unter dem Himmel an besondere Oerter, daß man das Trockene sehe.“ (Genesis.)

weggerollt und weit von dem Orte ihrer Entstehung abgesetzt worden sind.

Ohne Zweifel liegt in diesem Ereigniß, welches wesentlich zur Theorie der Gebirgsformationen durch Erhebung gehört, die Ursache einer allgemeinen Wasserflut; allein das Ganze ist nur eine Conjectur, eine gewagte und unbegründete Hypothese. Als solche wird man sicherlich diese von mir angegebene Ursache für die allgemeine Fortbewegung der Wassermassen bezeichnen; aber wenn sie auch gänzlich hypothetisch wäre, so würde dies noch durchaus kein Grund sein, sie ohne vorhergegangene gründliche Prüfung zu verwerfen; da man über die Ursachen dieser großen Flut bis auf den heutigen Tag nichts Anderes als Conjecturen machen konnte.

Wenn es mir indessen gelingt, einige Beweise für die erwähnte Zerstückelung des Erdballs beizubringen, wenn es mir möglich wird, darzuthun, daß die Erde nicht von Anfang an einen Satelliten besessen: so verschwindet die Hypothese und macht einer exacten Theorie Platz, in welcher sich alle bekannten Thatsachen von selbst einreihen, und an die sich alle noch zu erforschenden anreihen werden. Folgendes sind die Beweise.

Erster Beweis.

Die Geologie hat nachgewiesen, daß der größte Theil der Gebilde zwischen den primären aus den Diluvialformationen im Schooße vollkommen ruhiger Gewässer, die fast die ganze Erde eingehüllt haben, entstanden sind; und was diese übrigens durch zahlreiche Beobachtungen bestätigte Meinung noch erhärtet, das sind die in jenen Erdbildungen enthaltenen Fossilien, die uns in dem an ihnen zu bewundernden Zustande der Integrität nicht hätten aufbewahrt werden können, wenn sie durch strömendes Wasser umhergeworfen worden wären. Die vollkommene Erhaltung dieser Fossilien, welche erhaben und vertieft mit einer Genauigkeit und Sauberkeit abgeformt sind, wie sie kaum von dem geschicktesten Arbeiter erzielt werden kann, diese vollkommene Erhaltung, ich wiederhole es, weist nach, daß die Geschöpfe innerhalb eines Meeres ihren Tod gefunden haben und versteinert sind, welches in keiner Weise agitirt wurde. Wenn nun aber das Wasser den Bewegungen der Erde in vollkommener Ruhe folgte, so beweist dies, daß *Flut und Ebbe noch nicht existiren konnten, daß diese Art der Bewegung des Meeres noch unbekannt sein mußte*, woraus wiederum von selbst erhellt, daß zu

jenen Zeiten das Meer noch nicht die Erde umkreiste, da es ja als die Hauptursache der Ebbe und Flut zu betrachten ist.

Zweiter Beweis.

Das wahre Bassin des Oceans hat bei weitem nicht die Ausdehnung und Gestalt, die wir in ihm erblicken. In den Gegenden der flachen Küsten wächst im Allgemeinen die Tiefe des Meeres allmälig bis auf mehr oder weniger große Entfernung. Dann findet man plötzlich eine Art submarinen senkrecht abfallenden Ufers: hier ist das Meer grundlos, das heißt, man findet den Grund nicht mehr. An andern Orten, wo der Ocean hohe steile Ufer bespült, die gewöhnlich aus primärem Gestein bestehen, zeigt sich diese bedeutende Tiefe sogleich, und die Schlucht, die von diesen senkrechten Wänden eingeschlossen wird, ist als das eigentliche Bassin des Oceans zu betrachten.

Die Theorie der Erhebungen ist zur Erklärung der vorliegenden Thatsache ungenügend, weil die Wände des Oceanbassins nicht geneigt sind, sondern senkrecht aufsteigen. Sie ähneln den Bruchflächen einer gesprengten Bombe. Es ist einleuchtend, daß hier ein Stück der Erdrinde entweder herausgerissen oder eingesenkt worden ist: allein eine Einsenkung anzunehmen ist unmöglich, weil die Ufer in diesem Falle geneigt und nicht vertical sein, und in ihrer Totalität eine Kette umgekehrter Gebirge darstellen müßten. Wenn nun dieser Theil der Erdrinde, was sehr wahrscheinlich sein möchte, nicht eingesenkt, sondern herausgerissen ist, so entsteht die Frage, wo er sich befindet. Die Antwort darauf habe ich oben gegeben.

Dritter Beweis.

Wenn es wahr ist, daß der Mond aus Fragmenten der Erde, die durch Lava verbunden sind, besteht, so muß er an seiner Oberfläche verhältnißmäßig höhere Berge haben als die Erde, was in der That der Fall ist. Wenn es wahr ist, daß der Mond seine Existenz einer vulkanischen Eruption verdankt, so muß er das Ansehen vulkanischer Territorien besitzen, was wiederum der Fall ist. Wenn es endlich wahr ist, daß der Mond aus vulkanischer Materie besteht, die bei der Projection zum Theil fest, zum Theil noch flüssig war, so muß seine Dichtigkeit geringer als die der Erde sein: und auch dies ist der Fall. Die Dichtigkeit des Mondes verhält sich zu der der Erde nahezu = 2 : 2,80.

Diese drei Beweise, der Geologie, der Hydrographie und der Astronomie entnommen, scheinen mir entscheidend und einen Augenblick der Beachtung werth zu sein.

Alle obern Planeten, mit Ausnahme des Mars, haben, was bemerkenswerth ist, Trabanten, und diese in größerer Anzahl als die Erde. Mars bildet sonach eine Ausnahme, doch, glaube ich, nur eine scheinbare; denn wenn man bisjetzt noch keine Satelliten dieses Planeten entdeckt hat, so ist es nicht unwahrscheinlich, daß die Teleskope zu deren Auffindung nicht ausreichend sind, oder daß Mars noch nicht mit der nöthigen Aufmerksamkeit und Ausdauer beobachtet ist. Wäre ich Astronom und hätte Teleskope zur Verfügung, so würde dieser Planet für mich vorzugsweise Beobachtungsobject sein.

Was die ultrazodiakalen Planeten betrifft, so ist zu vermuthen, daß sie ursprünglich einen einzigen Planeten gebildet haben; durch successive Explosionen wurden Vesta und Juno hinausgeschleudert und zu Satelliten von Ceres und Pallas gemacht, die damals noch einen Planeten bildeten, bis eine letzte Explosion auch diesen zertrümmerte. Hierdurch wird es erklärlich, weshalb Vesta, Juno und Ceres keine Atmosphäre besitzen, wogegen Pallas einen sehr großen Dunstkreis besitzt, „deren Expansivkraft durch die Attraction einer so kleinen Masse nur schwach im Gleichgewicht gehalten wird".

Diese neue Theorie erklärt, wie man sieht, sehr leicht alle geologischen Phänomene, die oft den Scharfsinn der Gelehrten in Anspruch genommen und die Meinungen derselben geschieden haben. Solche Phänomene sind: das Verschwinden der antediluvianischen Racen, der Meteorsteinfall, der Transport der erratischen Blöcke und die Aushöhlung der Thäler.

Die Arkadier haben, wie ich glaube, die Anmaßung, mit ihren Ahnen bis zu einer Zeit hinaufzusteigen, da der Mond noch nicht existirte; während andererseits die Aegypter die Ansicht vertheidigten, daß derselbe von Anbeginn existirt habe, und ihm deshalb den Namen Isis (uralt) gaben. Kann man nicht aus dieser Behauptung der Aegypter folgern, daß dieselbe bestritten war? Man vertheidigt gewöhnlich eine Sache nur dann, wenn sie angegriffen wird. Hierin liegt ein historisches Moment zur Unterstützung meiner Ansicht über die Bildung des Satelliten der Erde.

Man hat angenommen, daß der Mond mit Vulkanen bedeckt gewesen sei. Ich halte dies für einen Irrthum. Der Mond ist ohne allen Zweifel vulkanischen Ursprungs, das aber kann man bezweifeln, daß jemals auf dem Monde selbst Vulkane existirt haben. Alle diese

conischen Einsenkungen, die auf seiner Oberfläche bemerkbar sind und die man gewöhnlich für Krater hält, sind durch die Zusammenziehung der vulkanischen Masse erzeugt. Ganz ähnliche Erscheinungen beobachtet man, mit vielleicht zwei oder drei Ausnahmen, bei allen Körpern, die aus dem flüssigen in den festen Zustand übergehen. Sie erstarren zunächst an ihrer Oberfläche, die zunächst eine Ebene bildet. Darauf erstarren der Reihe nach die darunter gelegenen Schichten, nehmen an Volumen ab und ziehen die schon erkalteten Theile der obern Schicht hernieder, was eine Einsenkung von wandelbarer Form zur Folge hat; in den meisten Fällen ist dieselbe conisch. Man kann sich hiervon überzeugen, wenn man irgendein Metall, ein Harz, ein Fett, Wachs u. s. w. in einem Tiegel schmilzt und ruhig erkalten läßt.

Eine andere Substanz zeigt dies Phänomen sehr entschieden, nämlich das Chlorjodquecksilber ($Hg_2 Cl + J$). Man füllt eine Glasröhre von 5 — 10 Millimeter Durchmesser mit dieser Substanz und schmilzt letztere; hierauf stellt man die Röhre vertical und prüft sie nach dem Erkalten. Die Einsenkung des Salzes ist so beträchtlich, daß sie einen bis mindestens zum dritten Theile der Höhe reichenden Hohlcylinder bildet.

Der Mond dreht sich um seine Achse, sagen, wenn auch nicht alle, so doch die meisten Astronomen, und haben darin Recht. Allein diese Achsendrehung hat ihre besondere Eigenthümlichkeit, auf die ich weiter eingehen muß.

Unser Satellit dreht sich um seine Achse und um die Erde, und zwar so, daß er der Erde immer dieselbe Hälfte zuwendet. Wäre der Mond von einer unbiegsamen an der Erde befestigten Stange durchbohrt, so würde er seine Bewegungen fast genau so absolviren als es wirklich geschieht; gerade wie ein Mensch, der seinen Weg um die Erde nähme, am Ende seiner Bahn einen Burzelbaum gemacht haben würde, ohne daß seine Füße je die Erde verlassen hätten, während er doch, wollte er den Burzelbaum am Platze machen, einmal den Kopf nach unten und die Füße nach oben richten müßte.

Der Mond dreht sich um seine Achse in derselben Weise wie unser Reisender, und aus diesem Grunde wendet er der Erde stets dieselbe Hemisphäre zu.

Wenn unsere Erde in Bezug zur Sonne dieselbe Rotationsbewegung hätte wie der Mond bezüglich der Erde, so würde sie sich erst in einem Jahre einmal um sich selbst drehen; es würde dann eine Hemisphäre beständig ohne Nacht und Winter sein, während auf

der andern eine ewige Nacht, ein ewiger Winter herrschte. Scheint eine so geartete Bewegung des Mondes nicht anzudeuten, daß er nur aus fester Materie bestehen könne? Ein Wort über diese Frage.

Es besteht also, wie wir soeben gesehen, ein Unterschied zwischen den Drehungen des Mondes und der Erde. Geht daraus nicht hervor, daß das Gleichgewicht der Wärme auf dem Monde, nicht aber auf der Erde bestehen muß? daß der Schwerpunkt des Mondes fast unveränderlich ist, während der der Erde sich in jedem Augenblick ändert? Man erinnert sich des Sphäroids der schwefligen Säure in einer glühenden Kugel und des Sphäroids von Kalkwasser [1], dessen flüssiger Theil die feste Hülle nicht ganz erfüllte. Denken wir uns, daß die Erde wie die Sonne aus drei concentrischen Kugeln bestände, von denen die erste die Erdrinde, die zweite die Dampfschicht bildete, welche von der dritten im geschmolzenen Zustande befindlichen erzeugt wird.

Die innere flüssige Kugel von großer Beweglichkeit wird nicht beständig im Mittelpunkte der Erde, nicht in der Mitte der Dampfkugel suspendirt bleiben können, sie muß sich stets an dem Punkte der Kugel befinden, welcher der Sonne am nächsten ist, das heißt, in der Mittagslinie; aus dieser Beweglichkeit der flüssigen Kugel folgt nothwendig, daß der Schwerpunkt der Erde sich unaufhörlich ändert. Dies sind allerdings nur Hypothesen, doch läßt man sie allgemein gelten mit Ausnahme vielleicht der Dampfschicht, die ich zwischen dem festen und flüssigen Theile annehme, und die wir bei einigen Planeten des Laboratoriums beobachtet haben.

Aus Beobachtungen von Fourier, Arago und Cordier geht hervor, daß die Temperatur des Erdinnern für je 30 Meter Tiefe um einen Grad steigt; aber nach der Ansicht, die sich aus allen meinen Versuchen entwickelt hat, wird dies Wachsen der Temperatur nicht über die Dicke der festen Erdrinde hinausgehen. Unterhalb dieser Rinde ist ein nicht sehr beträchtlicher Raum ganz mit einem Dampf erfüllt, dessen Natur wir nicht kennen, und welcher genau der Temperatur des untersten Theiles der festen Rinde besitzt; endlich folgt innerhalb dieses Dampfes ein flüssiges Sphäroid von unbekannter, aber muthmaßlich außerordentlich hoher Temperatur. Dies Sphäroid kann sich in den folgenden Zeiten so verhalten wie diejenigen, welche wir im Laufe dieses Werkes beobachtet haben.

Ich will mich nicht in längere Entwickelungen hierüber einlassen,

---

[1] S. den dreiundsechzigsten Versuch.

und schließe sie mit der Frage, ob man nicht in der Existenz dieser flüssigen Masse im Schoose unsers Planeten die Ursache der täglichen Rotation der Erde und in ähnlicher Weise der der übrigen Planeten finden könne? Aber all diese Fragen gehören in das Gebiet der abstracten Dynamik und können nur mit Hülfe der Mathematik gelöst werden.

Viele Naturforscher und Geologen sind über den künftigen Zustand der Erde vollkommen beruhigt. Der bestehende Zustand, sagen sie, wird in Zukunft sich nicht ändern; all diese großen Fluten, welche früher den Planeten verwüstet haben, werden sich nicht wieder erneuern, und die menschliche Intelligenz mag sich unbekümmert um die Zukunft entwickeln, denn wie die Erde heute ist, so wird sie immer sein.[1] Diese Ansicht über den Bestand der gegenwärtigen Ordnung der irdischen Dinge ist trostreich und wohlgeeignet, uns über das Geschick kommender Geschlechter zu beruhigen; ich aber bitte diese Optimisten um Nachsicht dafür, daß ich ihre Meinung nicht theilen kann, und daß ich es nicht kann, geschieht, weil mir dieselbe nicht begründet erscheint.

Sie scheint mir unbegründet, weil es nicht logisch ist, aus einer bewegungsreichen Vergangenheit auf eine ruhige Zukunft zu schließen: das Gegentheil zu thun würde consequent sein. Jemand sieht 10 Jahre hintereinander den vollen Mond ungefähr jeden 29. Tag wiederkehren und schließt daraus, daß er auch ferner wiederkehren werde; dieser Schluß ist ohne Zweifel rationell und die Folge bestätigt seine Richtigkeit. Aber, sagt man, der Lauf des Mondes ist periodisch, und die großen Fluten, welche die Erde verheert haben, sind es nicht; und dies ist vielleicht wahr. Ich sage „vielleicht", weil man in der That nicht wissen kann, ob diese furchtbaren vulkanischen Eruptionen, deren Geschichte in Granit geschrieben ist, periodisch sind oder nicht. Wenn es mir erlaubt ist, auch eine Meinung hierüber auszusprechen, so geht sie dahin, daß ich diese großen Phänomene für periodisch halte; doch will ich damit nicht sagen, daß sie sich plötzlich und ohne lange vorher vorbereitet worden zu sein, ereigneten, sondern ich glaube vielmehr, daß die Natur ohne Unterlaß an den Hebeln dieser mächtigen Explosionen arbeitet.

Was sich einmal in gewisser Weise begeben, trägt sich ferner in derselben Weise zu; die Gesetze der Natur sind unwandelbar.

---

[1] Discours sur l'avenir physique de la terre, par Marcel de Serres (Montpellier 1837).

Alle vergangenen Erscheinungen, alle die in unserer Zeit eingetreten sind, das ist alle Analogien sind gegen die Annahme einer ewigen Stabilität der jetzt bestehenden Oberfläche der Erde. Wie sollte übrigens eine solche Annahme gegenüber den Erderschütterungen, die täglich unter unsern Füßen dröhnen, gegenüber den Lavaströmen, die die Vulkane aus den Eingeweiden der Erde schöpfen und über die Oberfläche ausgießen, Bestand haben können? Und dann, wie sollte man nicht für die Zukunft der Geschlechter zittern, welche die Erde bewohnen, da darüber wol kein Zweifel herrscht, daß die feste Erdrinde nur etwa 10 Myriameter Dicke hat, während sie in ihrem Innern eine glühende Masse von 1250 Myriameter Durchmesser birgt![1] Diese Meinung, ich wiederhole es, scheint mir nicht begründet. Leben wir daher ohne Furcht, aber vergessen wir dabei nicht, daß wir durchaus nicht in Sicherheit sind, und daß ein neuer Satellit von der Erde hinaus in den Weltenraum geschleudert und das ganze Menschengeschlecht mit allen seinen Werken in einem Augenblick vernichtet werden kann. In diesem Sinne wird das Wort eines berühmten Staatsmannes: „Wir stehen auf einem Vulkan“, ewig wahr bleiben.[2]

---

[1] Man würde sicherlich nicht Unrecht haben, wenn man sagte, daß die Erde verhältnißmäßig nicht mehr Widerstand leisten könne als ein Ei.

[2] Herr Babinet hat in der Abhandlung „Ueber die Erderschütterungen und über die Constitution des Erdinnern“, die er in der öffentlichen Sitzung des Instituts am 14. Aug. 1855 las, die kühnste und großartigste Idee dieses Jahrhunderts über die Möglichkeit, die Centralwärme der Erde für den Menschen nutzbar zu machen, ausgesprochen. Wir glauben im Interesse der Leser zu handeln, wenn wir hier die Stelle aus dem Vortrage wiedergeben, wo Herr Babinet mit soviel Klarheit und Wärme seine Meinung über diesen Gegenstand mittheilt.

„Nachdem der Mensch vor den Naturkräften gezittert, denkt er daran, ihre Gewalt zu seinem Nutzen zu verwenden. So nahm er den Wind, das Wasser, die Materie des Blitzes in seine Dienste. Der herrschende Gedanke der materiellen Welt ist:

Mens agitat molem.

Der Geist bewegt die Materie. Was aber wird die Wissenschaft und die Arbeit vermögen, um das Centralfeuer unserer Erde nutzbar zu machen? Eine Kraft, die sich durch vulkanische Ausbrüche und Erdstöße kundgibt, möchte wol unendlich schwer zu bändigen und zur Arbeit zu zwingen sein. Doch nichts ist leichter als dies.

„Jedermann weiß, daß man Alles mit Feuer und Wärme erreicht. Man substituirt die Arbeit weniger Kohlen der Tagesarbeit eines Menschen. Durch Feuer begegnet man dem kältesten Klima, modificirt die Nahrungsmittel, ver-

Aber ist es möglich, die Zeit einer neuen Katastrophe zu berechnen? und kann man sagen, in welcher Weise sie eintreten werde?

Auf die erste Frage kann man nur mit Nein antworten. Dennoch werden vielleicht neue Beobachtungen und neue geologische Entdeckungen einst gestatten, diese Frage auf eine befriedigende Weise zu lösen. Für jetzt können wir ein solches Phänomen so gut morgen wie in tausend und mehren Jahren erwarten.

Was die zweite Frage betrifft, so kann man sie, wenn man nach Analogien schließt, mit der Hoffnung lösen, sich nicht allzu weit von der Wahrheit zu entfernen.

Folgendermaßen können die Geschöpfe, welche gegenwärtig die Erde bewohnen, durch eine Action des unterirdischen Feuers vertilgt werden.

Das glühende Sphäroid, welches den größten Theil der Erde ausmacht, kann explodiren und einen neuen Satelliten in den Weltenraum werfen, ohne daß die Ordnung des Planetensystems dadurch einen Augenblick gestört werde; allein die Erde selbst muß hierdurch einen entsetzlichen Stoß erleiden, der alle ihre Monumente und alle

---

bindet und zersetzt alle Körper u. s. w. Als Prometheus dem Menschen das Feuer gab, übergab er ihm die Herrschaft der Welt und die Möglichkeit einer unbegrenzten Vermehrung seines Geschlechts. So hole man denn aus dem Schoose der Erde Feuer und Wärme, die dort in so großem Ueberflusse sind. Man hat in großen Tiefen verschiedene Mineralien gesucht, welche die karge Natur nur mit Misbehagen dahin gelegt zu haben scheint, und hat dabei das unterirdische Feuer unberücksichtigt gelassen, das die Natur bereit ist, aller Orte zu verschwenden.

„Wir leben nicht mehr in der Zeit, wo Voltaire den Maupertuis so bitter verhöhnte, weil er ein Loch durch die Erde habe bohren wollen, damit wir unsere Antipoden erblicken könnten, wenn wir über den Rand des Schachtes schauten, den dieser Gegner des zorngeneigten Dichterkönigs gegraben. Niemand wird heute die Möglichkeit leugnen, Minen bis zur Tiefe mehrer Kilometer hinabzuführen, wenn freie Wahl des Terrain, angemessene Dimensionen und hauptsächlich Zeit gewährt werden. Die Tunnels, welche die Amerikaner durch die härtesten Felsen gebohrt haben, waren wol sicherlich einigermaßen schwieriger auszuführen. Nun denn, so wollen wir nur 4 Kilometer hinabsteigen und dort einen geeigneten Raum aushöhlen. Wenn Menschen die dort herrschende Hitze nicht ertragen können, so wird man Maschinen nehmen, die weniger zart sind. So sind wir im Besitze eines weiten Raumes, dessen Wände die Temperatur unserer Backöfen und Schwitzbäder besitzen. Leiten wir einen Bach, einen kleinen Fluß hinein, so wird das Wasser siedend heiß herausströmen und eine wirkliche Wärmequelle bilden, wie die kostbaren Kohlenlager von England und Belgien.“

ihre Städte in Trümmer legen und ihre Bewohner bis auf das letzte Individuum vernichten wird: sie werden, verbrannt durch die Feuer der Erde, erschlagen durch die Trümmer oder ertränkt durch die tobenden Fluten, ihren Untergang finden.

Aber der Stoß kann möglichenfalls auch heftig genug sein, um die ganze Erde zu zertrümmern und in neue teleskopische Planeten wie Vesta, Juno u. s. w. zu zerspalten.

Endlich wäre es möglich, daß die Erde dem Stoß widerstände und das Sphäroid in den flüssigen und dann durch Abkühlung an den Wänden der jetzt bestehenden Rinde in den festen Zustand überginge. Dann würde der Schwerpunkt des Planeten unveränderlich werden und der Erdball wahrscheinlich nur noch eine Drehung um die Sonne, ähnlich der des Mondes, beibehalten: ein endloser Sommer und ein endloser Tag wäre in diesem Falle das Loos der einen Hemisphäre, während die andere in ewiger Nacht begraben läge.

Möge aber diese schreckliche Katastrophe auf die eine oder andere Weise eintreten, ihre nothwendige Folge würde in allen Fällen die gänzliche Vertilgung sämmtlicher jetzt auf Erden lebender Geschöpfe sein. Werden ihnen andere Wesen folgen, und wird speciell das Menschengeschlecht durch weniger unvollkommene Wesen ersetzt werden? Die Analogie antwortet mit Ja, aber Gott allein kann wissen, ob uns die Analogie täuscht.

Ich habe erwähnt, daß viele Gelehrte über das zukünftige Schicksal der Erde vollkommen beruhigt seien. Zwei ausgezeichnete Geologen sind hiervon ausgenommen: die Herren Elie de Beaumont und A. Passy.

Herr A. Passy sagt in seiner geologischen Beschreibung des untern Seine-Departement, S. 4: „Die Ursachen, welche die erste Erdrinde erzeugt und mehre male die zweite Umhüllung zertrümmert haben, sind, wenn auch immerhin in Schranken gehalten, doch keineswegs erloschen.“

Herr Elie de Beaumont, in demselben Werke, S. 226, citirt, spricht sich folgendermaßen aus: „Es würde daher unmöglich sein, zu behaupten, daß die so constant scheinende Periode der Ruhe, in der wir leben, nicht einst von neuem durch die Erscheinung einer großen Gebirgskette unterbrochen würde.“ Ich füge hinzu: ... und durch die Entstehung eines oder mehrer Satelliten.

Aërolithen.

Nach Dem, was vorhergegangen ist, würde ich über die Aërolithen nur noch wenig zu sagen haben, wenn ich nicht die verschiedenen Meinungen, die über den Ursprung derselben geltend gemacht worden sind, mittheilen wollte. Man kann annehmen, daß die Aërolithen durch vulkanische Eruptionen der Sonne, die in paralleler oder schiefer Richtung zur Rotationsachse dieses Gestirns erfolgen, entstanden sind. Unterstützt wird diese Ansicht durch die Kleinheit der in Rede stehenden Körper und ihre Eigenschaft, selbstleuchtend zu sein, welche letztere in unserm Planetensystem ausschließlich der Sonne zukommt. Ich habe selbst eine Beobachtung gemacht. Es war am 2. November 1840 um 8 Uhr 22 Minuten Abends. Ich befand mich auf dem Wege zwischen Evreux und Pacy-sur-Eure, als ich ein Meteor am Himmel erscheinen sah. Dasselbe befand sich dem Anschein nach etwa in der doppelten Entfernung des Mondes von der Erde. Anfangs schien es sich gegen diese zu bewegen, aber als es in die Nähe des Mondes gelangte, beschrieb es eine Curve, deren convexe Seite der Erde zugewendet war, bewegte sich nach dem Monde zu und verschwand vor meinen Augen.

Aus dieser Beobachtung folgt, 1) daß das Meteor im Anfang mehr als 60,000 Myriameter von der Erde entfernt war, also nicht infolge seiner Verbrennung in der Atmosphäre leuchten konnte; 2) daß das Meteor auf den Mond gefallen ist. Dies ist vielleicht die erste Beobachtung dieser Art, die gemacht worden ist. Man hat aus dem Meteorsteinfall auf unserm Planeten geschlossen, daß Aehnliches auch auf andern Planeten und auf dem Monde vorgehen müßte, aber bisjetzt hat, soviel ich weiß, noch kein Factum diese Conjecturen bestätigt.

Die Aërolithen sind seit den ältesten Zeiten beobachtet worden.[1] Einige Geologen behaupten, daß vor der Sündflut keine Aërolithen gefallen seien, doch ist diese Meinung nur auf ein negatives Factum gestützt. Man hat, sagen sie, in den antediluvianischen Terrains keine

---

[1] „Und da sie vor Israel flohen den Weg herab zu Beth-Horon, ließ der Herr einen großen Hagel vom Himmel auf sie fallen, bis gegen Aseka, daß sie starben; und viel mehr starben ihrer von dem Hagel, denn die Kinder Israel mit dem Schwerte erwürgten." (Buch Josua X, V. 11.)

Dieser Meteorsteinfall geschah 1439 v. Chr., also vor 3296 Jahren.

In der Normandie erinnert man sich noch eines bedeutenden Meteorsteinfalls, der um 1803 in der Umgebung von Laigle stattgefunden hat.

Aërolithen gefunden; daher sind vor dem Diluvium keine gefallen. Diese Folgerung scheint mir etwas gezwungen, denn die Meteorsteine sind nicht so häufig wie die Kieselsteine, und das bisjetzt erforschte antediluvianische Gebiet verschwindet im Vergleich zu dem noch zu untersuchenden.

Laplace glaubt, daß die Aërolithen aus den Vulkanen des Mondes stammen, Biot und Poisson haben berechnet, daß dies nicht möglich sein kann, indem sie für die vulkanischen Eruptionen des Mondes die Geschwindigkeit der irdischen zugrunde legten.

Ich habe weiter oben nachzuweisen versucht, daß es auf dem Monde, obwol er vulkanischen Ursprungs ist, nie Vulkane gegeben habe, daß das Gleichgewicht der Wärme auf diesem Satelliten hergestellt, daß derselbe todt sei und keine Bewegung in seiner Masse stattfinde.

Aber die Meinung der erwähnten Gelehrten ist für mich sehr werthvoll, da sie sozusagen meine Ansicht über den Ursprung der Planeten und Satelliten beweist.

Denn vom Monde, der nur gleich dem 49. Theile unserer Erde ist, konnte man annehmen, daß er einen Meteorstein von 20,000 Kilogramm bis hierher geschleudert habe![1] und sollte nicht zugeben, daß die Sonne, die 68,600,000 mal größer ist als der Mond, größere Massen auswerfen kann! Jeder wird, so hoffe ich, letztere Annahme sehr wahrscheinlich finden, zumal da sich die Sonne offenbar im glühenden oder vulkanischen Zustande befindet. Allerdings könnte man einwenden, daß der Mond nur 38,000 Myriameter, die Sonne hingegen 15,300,000 Myriameter von der Erde entfernt ist. Immer aber bleibt dies Verhältniß noch für die Sonne günstig, und der Einwurf verliert seine Geltung.

„Lagrange und Gay-Lussac denken, daß die Aërolithen kleine Planeten sind, welche bisjetzt unserer Beobachtung entgingen[2], und die beim Eintritt in unsere Atmosphäre durch die Berührung mit der Luft eine genügende Temperaturerhöhung erleiden, um schließlich zu explodiren.“ (Mutel.)

So werden also durch die bedeutendsten Autoritäten die kosmologischen Ansichten bestätigt, welche ich von den Sphäroiden des Laboratoriums abgeleitet habe.

---

[1] A. von Humboldt hat in Neu-Biscaya eine Masse gediegenen Eisens von diesem Gewicht gefunden, und man nimmt an, daß sie aus der Atmosphäre gefallen sei.

[2] Wie die Satelliten des Mars.

Man hat einen andern Ursprung der Aërolithen angenommen, welcher mir indeß wenig für sich zu haben scheint: man setzte nämlich voraus, daß der Wasserstoff, welcher einige Metalle aufzulösen (gasförmige Verbindungen mit ihnen einzugehen) vermag, alle auflösen könne, daß ein Gemenge aus solchen Verbindungen bis in die höchsten Regionen der Atmosphäre sich erhebe und dort durch den elektrischen Funken entflammt werde, worauf die Metalltheilchen sich zu einem Aërolithen vereinigen und infolge der Schwere zur Erde fallen müßten.

Ein Geologe von großem Verdienst hat noch eine andere Ansicht ausgesprochen. Er hat angenommen, daß die Erde auf ihrer Bahn einem andern Planeten begegnet sei, den dieser Zusammenstoß in Trümmer zerlegt habe.[1] Zwei bedeutende Erscheinungen seien das Resultat dieses Anpralls gewesen: 1) die Trümmer des Planeten seien in den Weltenraum geworfen, und 2) die Rotation der Erde sei vergrößert und ihre Pole verrückt worden; sie habe mehr als eine Vierteldrehung in der Ebene des Meridians gemacht.

Das erste Phänomen wäre nicht unmöglich; aber es kann nicht stattgefunden haben, da sonst auf der Erde Spuren dieses Stoßes und die Hauptmasse der Fragmente des Planeten zu finden sein müßten, von denen man doch wenigstens einige entdeckt haben würde. Was das zweite Phänomen anlangt, so beweisen die Astronomen dessen Unmöglichkeit, und geben dafür so schlagende Gründe an, daß man keinen Augenblick zögern kann, ihnen beizustimmen. Sonach ist diese Theorie theils ungenau, theils schließt sie Unmöglichkeiten ein, und kann daher nicht angenommen werden.

In meinem Systeme wird Alles aus derselben Ursache abgeleitet. Die Planeten, Feuerkugeln, Aërolithen u. s. w. sind Kinder der Sonne, wie die Satelliten Kinder ihrer Planeten sind.[2]

Aber, wird man sagen, wenn alle Körper unsers Planetensystems aus der Sonne entstanden sind, woher ist die Sonne entstanden? aus einer voluminösern Sonne, von der die unsere nur ein Planet oder Satellit ist. Und diese andere? aus einer dritten. — Und dann?

---

[1] Dieser Stoß war nach der Ansicht desselben Geologen die Ursache des Diluviums, des Transportes der erratischen Blöcke, der Aushöhlung der Thäler u. s. w.

[2] Dieser solare Ursprung, den ich allen Körpern unsers Planetensystems zuschreibe, ist eine sehr alte Ansicht; einige griechische Philosophen haben sie ausgesprochen, doch war sie damals nur eine Hypothese, während sie heute eine auf zahlreichen Beobachtungen begründete Theorie ist.

dann? ... Gott, der die Bewegung und das Leben gegeben und Allem, was da ist und sein wird, Gesetze vorgeschrieben hat.

Wie der Mensch auch suchen und sich mühen möge, selbst der kühnste Geist wird stets vor der unbegreiflichen Gewalt des höchsten Gesetzgebers der Welten sein Haupt neigen!

Aber, wird man sagen, die Fragmente der Sonne mußten mit einer ans Ungeheure grenzenden Geschwindigkeit hinwegfliegen, um bis zu planetaren Entfernungen zu gelangen, und nicht minder groß mußte die Geschwindigkeit des Erdfragments seien, welches zum Monde geworden ist. Kein Zweifel, daß eine enorme Gewalt nothwendig war, um solche Resultate hervorzubringen, aber wir sehen alle Tage, ohne darauf zu achten, sich noch außerordentlichere Dinge zutragen.

Die Ladung einer Büchse kann eine Kugel auf 600 Meter Entfernung tragen. Setzen wir den Durchmesser der Kugel = 0,015 Meter, so hat sie einen 40,000 mal größern Raum durchlaufen als ihr Durchmesser beträgt. Der Mond aber ist nur etwa um 109 Monddurchmesser von der Erde entfernt; daher hat die Größe des von der Kugel durchflogenen Raumes etwas weit Ueberraschenderes, weit Unglaublicheres, als dies beim Monde der Fall sein kann, der durch eine vulkanische Explosion der Erde fortgeschleudert worden ist.

Aber wenn wir die Ladung einer Büchse mit dem Gewicht der Kugel, und die Masse der Erde mit der des Mondes vergleichen, so sind die Resultate noch auffallender. Denn das Gewicht des Pulvers erreicht nicht die Hälfte von dem der Kugel, und die Masse der Erde beträgt in runder Zahl etwa das achtzigfache von der des Mondes.[1]

Ohne Zweifel wird man, und zwar mit Recht, einwenden, daß im Innern der Erde keine Pulverladung ist; allein was wissen wir denn von den Hülfsquellen der Natur? Gibt es nicht tausend andere detonirende Verbindungen zwischen den Elementen? Wir kennen solche, die sich in der Kälte bilden und nie in der Wärme, und umgekehrt. (S. den vierundachtzigsten Versuch.)

Aber würde man, ohne nach solchen detonirenden Verbindungen zu suchen, nicht im Wasser allein die einfachste und natürlichste Ursache der Bergformation durch Erhebung und der Projection eines

[1] Die Masse der Erde verhält sich zu der des Mondes = 1 : 0,0125172. Bis auf vier Decimalstellen abgekürzt ist dies Verhältniß gleich dem oben angegebenen.

ungeheuern Gebirges in den Weltenraum finden, das später zum Satelliten der Erde wurde? Konnten nicht große Wassermassen durch Spalten in der Erdrinde bis zum glühenden Kern hindurchdringen [1], dort in den sphäroidalen Zustand übergehen, später wieder flüssig werden und dadurch ganz ungeheure Mengen von Dampf und eine unmeßbare Kraft erzeugen? [2]

Ist es nicht logisch anzunehmen, daß der Uebergang des Wassers aus dem sphäroidalen Zustande in den flüssigen und den dampfförmigen eine von den mächtigen Ursachen der vulkanischen Eruptionen ist? Meiner Meinung nach ist dies gar nicht zweifelhaft.

Wenn ich übrigens die Formation der Planeten im Allgemeinen und die Umwälzungen unsers eigenen durch die plötzliche Entwickelung großer Gasmengen zu erklären versuche, so geschieht dies nur, um allen Anfoderungen zu genügen; denn Alles reducirt sich nur auf eine große Amplitude und eine große Geschwindigkeit der Vibrationen des glühenden Kerns, was eine secundäre Wirkung des Wassers nicht ausschließt. [3] (S. den achtunddreißigsten und dreiundsechzigsten Versuch und den dritten Theil, §. 1 und 4.)

Wenn man eine Zerreißung und eine partielle Fortschleuderung des Erdballs in den Weltenraum nicht annimmt, so kann man die Aushöhlung der Oceanbassins auf keine genügende Weise erklären, während dies sehr natürlich aus einer Absonderung eines Theils der Erdrinde folgt; und dieser Umstand spricht sehr zu Gunsten meiner Meinung über den Ursprung der Planeten und ihrer Satelliten, wie im Allgemeinen der Himmelskörper.

Ich muß zum Schlusse noch hervorheben, daß der sphäroidale Zustand den Beobachter der Natur, wie sie ist, der Größe und Pracht der Schöpfung gegenüberstellt.

Man erinnert sich, daß das Gleichgewicht der Wärme sich nie zwischen den Körpern im sphäroidalen Zustande und den Gefäßen, in denen

---

[1] S. Rognetta, „Annales de thérapeutique et de toxicologie, année 1845", S. 285.

[2] Alles was in diesem Werke gesagt worden ist, weist die Möglichkeit nach, daß sich Wasser in den Vulkanen befinden kann. Hiernach hat die Existenz von Wasser in Körpern vulkanischen Ursprungs, z. B. den Zoolithen, nichts Ueberraschendes mehr. Auch diese Schwierigkeit verschwindet durch den sphäroidalen Zustand.

[3] Nach Ariost sind alle Erscheinungen der Natur eine Folge der Bewegung; eine Ansicht, der ich durchaus beistimme.

dieselben enthalten sind, herstellt, und man weiß, daß das Gleichgewicht nirgends in der Natur existirt.

Es geht aus den Untersuchungen von Pouillet hervor, daß man die Temperatur der Planetenräume auf — 142° und die an der äußersten Grenze unserer Atmosphäre auf — 60° schätzen kann. Steigt man in der Phantasie aus diesen höchsten Regionen der Atmosphäre auf die Gebirge des Aequators herab, so findet man sie mit ewigem Schnee gekrönt, während man am Fuße derselben Berge heiße Quellen hervorsprudeln sieht. Die Pole der Erde sind in Eis gehüllt, und die Vulkane in nicht zu großer Ferne speien geschmolzene Massen aus. Die Mitteltemperatur der Erdoberfläche variirt mit der Breite, aber die Erdtemperatur wächst mit der Tiefe; und hieraus hat man mit gutem Grunde geschlossen, daß der größte Theil der Erde noch im geschmolzenen Zustande sei.

Kann nicht auch die Hypothese Herschel's, die auf eine so eclatante und unerwartete Weise durch den sphäroidalen Zustand bestätigt wird, zur Unterstützung dieser Ansicht dienen? (S. den fünfundzwanzigsten und fünfunddreißigsten Versuch und den §. Kosmologie, S. 217.)

Sonach haben wir kein Gleichgewicht der Wärme in der Natur, und der sphäroidale Zustand eröffnet den Experimentatoren ein bisjetzt unbekanntes Gebiet, welches sie mit sicherm Schritte und mit der Gewißheit, bedeutende Entdeckungen zu machen, betreten können.

Was das Gleichgewicht der Wärme und das Gleichgewicht der Spannung betrifft, so haben beide ihre Zeit gehabt, und Alles, was sie konnten, zur Verfügung der ausgezeichneten Gelehrten gestellt, welche sie so lange und so gründlich studirt haben.

Das Gleichgewicht der Wärme ist ein Gesetz des Studirzimmers, eng und beschränkt, wie Alles was nur dem Menschengeist entspricht, und hat nichts mit den Gesetzen der Natur gemein.

Wenn wir andererseits die Form der organischen und anorganischen Materie betrachten, so finden wir, daß sie von den kleinsten mikroskopischen Geweben bis zu den voluminösesten Planetenkörpern durchaus dieselbe ist: nämlich abgerundet oder sphäroidal.

Zeigt uns nicht das Mikroskop in seiner gegenwärtigen Vervollkommnung, daß unsere Oberhaut gänzlich aus Sphäroiden zusammengesetzt ist? eine Form, die wir auch in allen Theilen der Thiere und Pflanzen wiederfinden. Und dient diese Form in den

letztern Reichen nicht zur Erklärung des so langsamen Verlustes an Flüssigkeit und Wärme in dem Vegetabil und dem Animal? [1]

Man kann daher mit vollem Rechte nochmals wiederholen, daß der sphäroidale Zustand den Beobachter gegenüber der Großartigkeit und Pracht der Natur stellt.

Die Gelehrten, welche meine Versuche nicht wiederholt haben, oder von ihrer Wahrheit nicht völlig durchdrungen sind, werden der Ansicht sein, daß ich kühn gewesen und etwas weit auf dem Felde der Speculation vorgedrungen bin; aber alle Diejenigen, welche sie wiederholt und neue hinzugefügt haben, werden sicherlich finden, daß ich innerhalb der Grenzen des Möglichen geblieben bin.

Wenn übrigens meine theoretischen Ansichten nicht für rationell befunden, oder genügendere an ihre Stelle gesetzt werden, so werde ich der Erste sein, der letztern beistimmt.

Und wenn ich mich wirklich getäuscht habe, so werde ich wol auf Nachsicht hoffen dürfen, denn „es ist nicht überraschend auf unbekannten Wegen, die man sich selbst vorgezeichnet hat, einige falsche Schritte zu thun". (Fontenelle.)

Was die eigentlichen Versuche betrifft, so habe ich nicht die Anmaßung zu glauben, daß ihre Resultate, sowie sie sind, in der Wissenschaft Platz finden, und in keiner Weise Modificationen erleiden werden. Ich glaube im Gegentheil, daß ihnen mit der Zeit, welche Alles modificirt, Modificationen bevorstehen; sie werden dasselbe Schicksal haben, welches jedem Menschenwerke beschieden ist, das seiner Natur nach nicht vollkommen sein kann.

Meteorologie.

Herr A. Poey, aus Havaña, hat an die Akademie der Wissenschaften [2] ein Mémoire über die kugelförmigen Blitze und ihre Verwandtschaft mit dem sphäroidalen Zustande der Materie gerichtet. Dieses Mémoire wurde durch das Journal „La Science" vom 7. Juni 1855 veröffentlicht; ich will es hier wiedergeben: es wird den Thatsachen und Theorien, die der Meteorologie angehören, als Anfangspunkt dienen.

---

[1] S. die bedeutenden Werke von Donné, Raspail, Mandl, Gruby u. s. w. Letzterer hat bewiesen, daß alle organischen Gewebe zu ihrem Ausgangspunkte eine sphärische Zelle haben.

[2] Comptes rendus, XL, 1183.

Von dem Wunsche erfüllt, die auffallendsten und constantesten Charaktere der kugelförmigen Blitze genau festzustellen, war ich sehr überrascht, nach der Analyse vieler von den Beobachtern mitgetheilter Détails so viele unerklärbare, ja ich darf sagen außerordentliche Anomalien zu finden, daß ich lebhaft davon betroffen wurde. Indessen hatten drei Hauptdinge meine ganze Aufmerksamkeit in Anspruch genommen, nämlich die kugelförmige Gestalt, die Abwesenheit der Wärme und der Mangel an Contact mit dem umgebenden Körper, und ich glaubte, daß ich diese Naturerscheinung am besten nur auf die bekannten Gesetze des sphäroidalen Zustandes zurückführen könnte.

Gegenüber diesen drei so außerordentlichen Eigenschaften der kugeligen Blitze hatte Arago Recht, wenn er sagte, daß „die Feuerkugeln gegenwärtig ein Stein des Anstoßes für die Meteorologen seien, und die besten Blitzableiter sich häufig gegen diese Art von Blitzen unwirksam zeigen".

Dem fügt er hinzu: „Diese Bälle, diese Kugeln von Feuer scheinen Zusammenhäufungen wägbarer Substanzen zu sein, die stark von der Materie des Blitzes durchdrungen sind. Wie bilden sich solche Zusammenhäufungen? In welchen Regionen entstehen sie? Woher stammen die Substanzen, aus denen sie zusammengesetzt sind? Welches ist ihre Natur? Warum stehen sie oft eine zeitlang still, um dann mit einer großen Schnelligkeit niederzufahren? u. s. w. u. s. w. Vor allen diesen Fragen bleibt die Wissenschaft stumm." [1]

Ohne die unerforschlichen Mysterien der Phänomene des Blitzes durchdringen zu wollen, hoffe ich doch ein schwaches Licht auf die Erscheinung werfen zu können, welches uns vielleicht über die sogenannten Anomalien und Seltsamkeiten einer Naturerscheinung Aufschluß geben mag, die nur den unwandelbaren, aber zur Zeit noch unbekannten Gesetzen der physischen Natur gehorcht.

Im ganzen Bereiche unsers physikalischen Wissens waren es nur die Eigenschaften der Materie im sphäroidalen Zustande, welche zu den an den ballförmigen Blitzen beobachteten in Beziehung gebracht werden konnten. Ich will daher versuchen, die Berührungspunkte zwischen diesen beiden Erscheinungen hervorzuheben, und werde einige theoretische Principien auseinandersetzen, welche ich so streng als möglich auf die an dem Phänomen beobachteten Eigenschaften zu begründen Sorge tragen werde.

---

[1] „Oeuvres d'Arago", Bd. 1 der „Notices scientifiques", S. 83 und 219.

Herr Boutigny (aus Evreux) hat durch seine Untersuchungen nachgewiesen:

1) daß alle Körper in den sphäroidalen Zustand übergehen können;

2) daß zwischen den Körpern im sphäroidalen Zustande und den Oberflächen, auf welchen sie entstehen, keine Berührung stattfindet;

3) daß die Körper im sphäroidalen Zustande ein fast vollkommenes Reflexionsvermögen gegen die Wärme besitzen;

4) daß die Körper im sphäroidalen Zustande außerhalb der chemischen Wirkungssphäre nicht durch ihren eigenen Dampf, sondern durch eine Repulsionskraft, welche die Wärme in den Körpern erzeugt, gehalten werden;

5) daß eine Attractionskraft zwischen allen Moleculen eines Körpers im sphäroidalen Zustande besteht, welche bewirkt, daß sich der Körper wie ein im Raume isolirter materieller Punkt verhält;

6) daß ein geschmolzener Körper eine zeitlang, selbst unter Wasser, glühend bleibt, ohne daß dieses ein Zeichen des Siedens gibt, gerade so als hätte man ein Stück Eis in dasselbe geworfen.[1]

Diese sechs von Herrn Boutigny bewiesenen Hauptsätze umfassen beinahe völlig das Wesen des vierten (sphäroidalen) Zustandes der Materie. Man wird nun finden, daß die kugelförmige Gestalt, die lange Dauer des Glühens innerhalb anderer Körper, mit denen sich keine Berührung herstellt, und die niedrige Temperatur, welche das Sphäroid bewahrt, genau die Eigenschaften sind, welche wir an den kugelförmigen Blitzen bemerken. Wenn es, wie wol Jeder zugeben wird, als ausgemacht betrachtet werden kann, daß nur der sphäroidale Zustand der Materie diese bemerkenswerthen Eigenschaften zeigt, welche in gleicher Weise bei den kugelförmigen Blitzen beobachtet werden, wie sollte man dann nicht die Gesetze dieses sphäroidalen Zustandes auf ein Phänomen anwenden, das dieselben Charaktere trägt und bisher von der Physik nicht erklärt werden konnte?

Zu den physikalischen Kennzeichen, welche die kugelförmigen Blitze auszeichnen, gehört, daß sie in sämmtlichen Regenbogenfarben spielen vom matten Weiß bis zum tiefen Roth, daß ihre Farben variiren vom röthlichen Gelb bis zu einem mehr oder weniger dunkeln Roth; dann und wann sind sie weißlich, violett oder morgenroth. Ich schreibe diese Farbenveränderung der kugelförmigen Blitze derselben physikalischen Ursache zu, welche die Farben der dünnen Blättchen oder

[1] Nouvelle branche de physique ou Études sur les corps à l'état sphéroïdal (Paris 1847), 2e édition, S. 211.

die farbigen Ringe von Newton und Nobili erzeugt. Die Farbe des Blitzes würde hiernach im Verhältniß der Dicke seiner festen Wände variiren.

Je glühender der Blitz ist, desto länger wird seine Dauer, desto größer seine Elasticität sein, infolge der Repulsionskraft, welche die umgebenden Objecte von ihm entfernt hält. Sobald aber das Gleichgewicht der Wärme sich mit der umgebenden Luft herzustellen strebt, ist die Kugel bereit zu zerplatzen. Dies ist der Vorgang, welcher stattfindet, wenn der Blitz in der Luft zerplatzt und sich entflammt. Man kann diesen beschriebenen Zustand an dem Strahlenbüschel erkennen, welcher sich an einem Punkte der Peripherie zeigt und der Kugel das Ansehen einer mit der Lunte versehenen Bombe gibt.

Uebrigens habe ich in allen von mir geprüften Beschreibungen solcher Blitze gefunden, daß, wenn die Kugel den kleinen Strahlenbüschel zeigte, sie entweder vor der Berührung mit dem Boden oder kurze Zeit nachher zerplatzte; andererseits zeigen alle die Blitze, welche mit Sprung abprallen und lange dauern, den kleinen Strahlenbüschel nicht und zerplatzen beim Stoße gegen einen guten Leiter. Hieraus zog ich den Schluß, daß dieser Büschel das Schwachwerden der Wände anzeigt, was seinerseits eine Folge zu schneller Erkaltung und einer niedrigen Temperatur bei der Bildung sein kann. Wie man das Factum aber auch erklären mag, so weist es nach, daß je leichter sich das Gleichgewicht der Wärme herstellt, um so kürzer die Dauer des Blitzes ist.

Ich habe ferner erwähnt, daß diese Kugeln sich zuweilen in eine große Zahl kleinerer Kugeln spalten. Ich leite diese Erscheinung aus der Expansionskraft ab, welche die Wärme in diesem neuen Zustande besitzt. Wenn die Feuerkugel eine große Vibrationsamplitude besitzt, zerspringt sie in Stücke und wirft feurige Fragmente umher, die die Eigenschaften des Ganzen haben.

In keinem der mitgetheilten Fälle findet man, daß die entstandenen Fragmente einer Kugel sich wieder vereinigt oder auch nur genähert hätten. Diese Bemerkung, welche die Aufmerksamkeit der Beobachter nicht gefesselt hat, erklärt sich durch das von Boutigny aufgestellte Gesetz: „Die Körper im sphäroidalen Zustande werden außerhalb der chemischen Wirkungssphäre gehalten nicht durch ihren eigenen Dampf, sondern durch eine Repulsionskraft, welche die Wärme in den Körpern erzeugt“; sowie durch das andere: „Zwischen den Körpern im sphäroidalen Zustande und den Oberflächen, auf welchen sie entstehen, findet keine Berührung statt.“

Aus demselben Grunde berühren die kugelförmigen Blitze auch die Körper nicht, von welchen sie abprallen, verbreiten keine fühlbare Wärme und können einen Heuschober durch und durch bohren, ohne ihn zu entzünden.

Nachdem somit die große Uebereinstimmung zwischen den charakteristischen Eigenschaften der kugelförmigen Blitze und der Materie im sphäroidalen Zustande dargethan ist, bleibt noch der Grund zu suchen übrig, welcher diesen Zustand hervorruft und die Erzeugung der Feuerkugeln veranlaßt.

Bekanntlich bestehen so innige Beziehungen zwischen der Wärme und der Elektricität, daß die eine stets bei der Erzeugung der andern auftritt. Wenn in einer Gewitterwolke das elektrische Gleichgewicht aufgehoben ist, so entsteht eine elektrische Entladung, welche von einer bedeutenden Wärmeentwickelung begleitet ist.[1] Die freigebliebene Elektricität geht in die gasförmigen, flüssigen und festen Körper über, welche sich suspendirt und zusammengehäuft innerhalb der Wolken befinden. Jetzt führt die durch die Elektricitätsentwickelung erzeugte Wärme die freigebliebene elektrische Materie und die ponderabeln Körper, welche dieselbe umgeben, in den sphäroidalen Zustand über. Die so gebildete Kugel wird durch einen leichten Anstoß infolge der molecularen Aenderung der Materie, sowie durch ihr eigenes Gewicht, zur Erde geworfen. Der kugelförmige Blitz ist sonach das Resultat einer Condensation des elektrischen Fluidums in einem mehr oder weniger dünnen Mittel. Der Druck der dieses Mittel umgebenden Luft auf die freigebliebene Elektricität, wie ein Polaritätswechsel in den elektrischen Atomen können die kugelförmige Gestalt des Blitzes bestimmen.

Auch die Strahlung der Wärme in dem vorliegenden Falle, oder unter andern Umständen irgendein Widerstand in einer gewissen Richtung, könnte durch eine leichte Richtungsänderung die Condensation des elektrischen Fluidums in kugelförmiger Gestalt bedingen. So hat man einen Blitz, der erst die Rinde eines Baumes abgeschält hatte, die Gestalt einer Feuerkugel annehmen sehen; ebenso in dem Momente, als er von einer Eisenstange absprang, durch die er sich einen

[1] Als Herr Quet auf den Davy'schen Bogen einen sehr starken Elektromagnet wirken ließ, konnte er die Lichtsäule in eine lange rauschende Stichflamme von außerordentlicher Hitze verwandeln, die der Löthrohrflamme sehr ähnelte. Die Wärme derselben war so groß, daß er Platin damit schmelzen konnte. (Comptes rendus, XXXIV, 805.)

Weg gebrochen hatte, wie bei der Feuerkugel, welche Richmann im Jahre 1753 erschlug.

Aus der im Allgemeinen langsamen Bewegung dieser Kugeln, sowie aus ihrer Eigenschaft, sich von neuem in die Luft zu erheben, und endlich aus dem Umstande, daß sie von einem Luftstrome fortbewegt werden und vom Boden wie ein elastischer Ball abprallen, bin ich zu der Annahme gekommen, daß dieselben nicht aus einer compacten, festen Materie bestehen, sondern mehr oder weniger hohl und mit irgendeinem leichten Gase gefüllt sind; vielleicht ist dies Wasserstoff, welcher durch seine Brennbarkeit und die Dauer seiner Flamme in Verbindung mit dem elektrischen Fluidum, die Lichtbüschel, Strahlen und Schweife hervorbringen könnte, die diese Meteore oft begleiten und ihnen das Ansehen von Kometen geben, sodaß sie mit letztern von den Alten oft verwechselt worden sind. Mit einem Worte, diese Bälle verhalten sich wie ein Aërostat, dessen Elasticität von der Repulsion der Wärme herrührt.

Alle die Eigenschaften, welche ich bei diesem glühenden Ballon voraussetze, bemerkt man an den kugelförmigen Blitzen wirklich, wie man aus der gegebenen Beschreibung ersehen kann. Jetzt bleibt nur noch die Annahme zu prüfen, daß dieselben hohl und nicht aus fester Materie gebildet seien. Ohne andere Betrachtungen anzustellen, will ich nur Folgendes erwähnen: Kann man sich denken, daß eine Kugel, die die Größe einer Faust besitzt, ja bis zu einem Meter Durchmesser haben kann, nicht mit einer Geschwindigkeit zur Erde fallen sollte, die ihr Gewicht nach den Fallgesetzen erfodern würde, wenn sie aus einer compacten Masse bestände, da doch selbst die kleinsten Hagelkörner, die vielleicht 1000 mal kleiner sind, wenn sie nicht gerade einem allzu starken Luftstrome begegnen, fast immer vertical und mit einer bezüglich der kugelförmigen Blitze sehr großen Geschwindigkeit herniederfallen? Könnte wol das kleinste Hagelkorn sich wieder in die Luft erheben und wie die Kugelblitze verschwinden? Da dem nun nicht so ist, so schließe ich, daß die Kugeln der letztern mehr oder weniger hohl aus einer sehr leichten Materie gebildet sein und sich wie Luftballons verhalten müssen.

Es ist wahrscheinlich, daß diese Feuerkugeln im Augenblick ihrer Entstehung dem ihrem Molecularzustande entsprechenden Gesetze unterworfen sind, welches Herr Boutigny so formulirt: „Die Volumina der Sphären der Körper im sphäroidalen Zustande stehen im umgekehrten Verhältnisse ihrer specifischen Gewichte, und ihre Massen sind unter sich gleich.“

Könnte man nicht gleichfalls die Bildung des Hagels in den Gewitterwolken zu den überraschenden Versuchen des Herrn Boutigny in Beziehung bringen, in denen er in einer weißglühenden Schale schweflige Säure und Wasser zum Gefrieren bringt? Uebrigens brauchten bei einer solchen Eisbildung mitten im Feuer nur die Schneeflocken und Eiskrystalle, deren Existenz in den obern Luftregionen nicht mehr zweifelhaft ist, zu einem Kern vereinigt zu werden. Ich zweifle nicht, daß eine neue Theorie des Hagels, die sich auf den sphäroidalen Zustand der Materie stützt, neben denen von Volta und andern Physikern Platz greifen werde, welche letztere nicht allen diese Meteore begleitenden Umständen Rechnung tragen.

Ich schließe diese Note, indem ich den Meteorologen vorschlage, aus der Classe der Blitze ein Meteor zu streichen, welches nicht die geringste Aehnlichkeit mit den eigentlichen Blitzen hat. Da die Feuerkugeln, wie Arago sehr gut bemerkt, vielmehr einer Zusammenhäufung von wägbaren Substanzen gleichen, die von der Materie des Blitzes stark imprägnirt ist, und sie im Zusammenhang mit dem sphäroidalen Zustande der Körper zu stehen scheinen, so schlage ich vor, sie sphäroidale Blitze zu nennen.

In der ersten Auflage dieses Werks hatte ich auch die Meinung ausgesprochen, daß der Hagel den Ursprung haben könne, den Herr A. Poey vermuthet; aber diese Theorie schien mir nicht ganz unzweifelhaft und ich habe sie verlassen.

Ursprung der Steinkohle.

„Einige Geologen betrachten die Steinkohle als durch die Zersetzung untergegangener organischer Körper entstanden; Andere halten dieser Ansicht entgegen: 1) daß man oft mitten in den Steinkohlenlagern fast unzersetzte Pflanzentheile findet; 2) weil es nicht nachgewiesen ist, daß die organisirten Körper bei ihrer freiwilligen Zersetzung fette Substanzen geben. Hieraus folgt, daß wir über den Ursprung dieser Körper noch nichts wissen."

Thenard.

Man liest auf S. 260 dieses Werks:

„Die Kohlenwasserstoffe konnten sich, nachdem sie sich condensirt und den sphäroidalen Zustand angenommen hatten, ähnlich verhalten, wie wir im fünfunddreißigsten Versuch gesehen haben.[1]

[1] Fünfundneunzigster Versuch. — Die flüchtigen Oele im sphäroi-

Mir scheint dies außer allem Zweifel. Später nahmen dann diese Vorräthe von wasserstoffhaltigem Kohlenstoff, diese eigentlichen Steinkohlen, die durch Ströme herbeigeschwemmten Pflanzentheile, die man heute darin findet, auf, und assimilirten sie sich; endlich bedeckten Wasserfluten das Ganze, deren Entstehung durch den Uebergang des Wassers aus dem sphäroidalen Zustande in den flüssigen sich leicht erklären läßt."

Diese Hypothese über die Bildung der Steinkohlen, die nur hier angeführt ist, hat vor der frühern den wirklichen Vorzug, durch Synthese bestätigt zu sein. (S. den citirten Versuch.)

Was die von den Geologen allgemein angenommene Hypothese betrifft, so wird sie von den Chemikern bestritten, und ich glaube mit Recht; denn dieselbe genügt nicht allen Bedingungen. Wie will man z. B. die Existenz „dieser isolirten Steinkohlenmassen erklären, die auf Granit oder andern felsigen Unterlagen ruhen und aller marinen Fossilien entbehren? Diese Schichten dehnen sich ziemlich häufig nur über einen sehr beschränkten Raum aus, wie dies zu Saint-Etienne im Departement Loire, zu Brassac im Departement Puy-de-Dôme, zu Saarbrück, in Schlesien und an hundert andern Orten der Fall ist". (Lyell, „Éléments de géologie", 1839, S. 514.)

Wie sollte man die Schichtung der Steinkohlenlager, die fast immer die Form eines Schiffsbauches oder eines Kessels zeigen, erklären, wenn man nicht annehmen wollte, daß die Steinkohlen ursprünglich flüssig gewesen sind? Und ist denn die Umwandlung des Holzes in Steinkohle nachgewiesen? Allerdings weisen die Versuche von

---

dalen Zustande verhalten sich alle auf die gleiche Weise, so zwar, daß der Kohlenstoffgehalt im Sphäroid stets wächst. Die Producte, welche sich verflüchtigen, sind untereinander so verschieden wie die Oele selbst. Man begreift, daß ein sauerstoffhaltiges Oel andere Zersetzungsproducte geben muß als ein Kohlenwasserstoff.

Ich will hier nur den Versuch beschreiben, den ich mit Terpentinöl angestellt habe, und gedenke auf jedes der übrigen Oele zurückzukommen, wenn ich die Studien der einzelnen Körper im sphäroidalen Zustande wiederaufnehme.

Läßt man Terpentinöl bei möglichst niedriger Temperatur in den sphäroidalen Zustand übergehen, so verflüchtigt es sich langsam, ohne sichtbare Dämpfe zu geben, und färbt sich nach und nach aus dem Hellgelben bis ins Braune. Jetzt werden die Dämpfe sichtbar, sie enthalten Ruß suspendirt; die Farbe des Oels wird immer dunkler, endlich schwarz; es beginnt zu sieden, breitet sich auf der Schale aus und bildet dort einen schwarzen Firniß, der sehr reich an Kohle ist, aber auch noch Oel enthält: eine künstliche Steinkohle.

Naphtha und Steinöl verhalten sich wie Terpentinöl.

Cagniard de Latour nach, daß die Holzsubstanz bei einer hohen Temperatur und unter starkem Druck in eine Art halbflüssigen Harzes überzuführen ist. Doch war bei diesen Versuchen das Material sorgfältig dem Einflusse der Luft entzogen, und nach Liebig ist zur Umwandlung der Holzsubstanz in Steinkohle die Mitwirkung der Atmosphäre nöthig; jene muß eine gewisse Menge von gasförmigen Kohlenwasserstoffen, oder von Wasser und Kohlensäure verlieren.

Wenn die aus den Versuchen von Cagniard de Latour abgeleitete Theorie die richtige ist, so muß die Liebig'sche falsch sein und umgekehrt.

Würde die eine oder die andere dieser Theorien, obwol genügend, nicht aufhören es zu sein, wenn eine dritte aufgestellt würde, welche nachwiese, daß die Steinkohle aus andern verbrennbaren Körpern entstanden sei als aus Pflanzentheilen? Ganz gewiß; und wir wollen zu zeigen versuchen, daß diesem fossilen Körper ein ganz anderer Ursprung gegeben werden kann als bisjetzt geschehen ist.

Die bestehende Theorie über die Entstehung der Steinkohlen beruht hauptsächlich auf zwei Thatsachen: 1) auf der Brennbarkeit der Steinkohlen und 2) auf den zahlreichen Abdrücken organisirter Körper in der Oberfläche derselben.

Es ist gewiß sehr rationell, einen brennbaren Körper von einem andern abzuleiten, aber man wird sehen, daß es in der Rinde und auf der Oberfläche der Erde andere brennbare Körper, als die Organismen, gegeben hat und noch gibt. Was die Abdrücke und die fossilen Reste eben dieser organisirten Körper betrifft, so findet man deren in allen Schichten der Erdrinde, mit Ausnahme der Urgesteine und der vulkanischen Gebiete; man kann also daraus keine auf die Bildung der Steinkohlen bezügliche Consequenz ziehen. Uebrigens begegnen wir diesen Abdrücken organischer Körper hauptsächlich in den Wänden der Steinkohlenlager, das heißt, diese Zeugen, die in einer frühern Schöpfungsperiode lebten, befinden sich nur zufällig an der Oberfläche dieser Lager und stammen aus einer spätern Zeit.

Die nun folgende Theorie empfehle ich der Nachsicht der Geologen; sie werden begreifen, daß ausgedehnte Untersuchungen nöthig sind, um eine solche Theorie vollkommen auszubauen, von der ich hier nur einen sehr unvollkommenen Grundriß gebe.

Man kann mit großer Wahrscheinlichkeit, wenn nicht mit völliger Bestimmtheit annehmen, daß die Molecule der einfachen Körper in den ersten Zeiten durch ihre hohe Temperatur vollkommen isolirt und

außer aller Verbindung waren (sphäroidaler Zustand) [1]; später verbanden sich diese Molecule zu zweien, um binäre Molecule zu bilden: Carburete, Sulfurete, Chlorüre, Bromüre, Jodüre, Oxyde, Säuren. Dies sind die zusammengesetzten Molecule erster Ordnung. (Berzelius.)

Noch später verbanden sich diese binären Molecule untereinander und bildeten zusammengesetzte Molecule der zweiten Ordnung und alle Verbindungen der unorganischen Natur.

Jetzt war die Erde hinreichend erkaltet, um das Wasser und die Kohlenwasserstoffe (Naphtha, Steinöl), die vorher einen Theil der Atmosphäre bildeten, aufzunehmen. Diese Verbindungen gingen zuerst in den sphäroidalen, dann in den flüssigen Zustand über, flossen über die Oberfläche des Bodens oder drangen in denselben ein, um dann wieder hervorzuquellen; und dies ist der Punkt, wo ich die Entwickelung der Theorie beginne, welche ich nicht ohne großes Mistrauen meiner selbst dem Urtheile der Gelehrten übergebe.

Das Wasser [2], die Naphtha und das Steinöl flossen zu gleicher Zeit von den Bergen herab, oder als mehr oder weniger starke Quellen aus dem Boden und durchströmten die Thäler, bis sie passenden Höhlungen oder Bassins begegneten, in denen sie sich ansammelten und die mitgeführten fremden Substanzen absetzten; darauf verdampften sie oder destillirten theilweise. So entstand eine erste Schichtung in Schiffsbauch- oder Kesselform. Darauf verdampfte das Wasser vollständig und zugleich ein Theil des Kohlenwasserstoffs, ein anderer Theil zersetzte sich, absorbirte Luft und begann festzuwerden, wodurch eine erste Schicht der zukünftigen Steinkohle, die sich zu oberst ab-

---

[1] Man erinnert sich an den von mir beschriebenen Versuch, welcher darin besteht, eine kleine Metallmasse, die vorher bis zur höchst möglichen Temperatur erhitzt war, in Wasser zu tauchen. Diese Masse isolirt sich mitten im Wasser und bleibt, von einer Dampfatmosphäre eingehüllt, eine gewisse Zeit lang glühend.

Bei Wiederholung und Abänderung dieses Versuchs hatte Professor Grove das Wasser in seine Elemente zersetzt, nämlich in 1 Volumen Sauerstoff und 2 Volumen Wasserstoff, aus welchem Resultate er den Schluß zog: „Wenn es Planeten gibt, deren physikalische Constitution eine intensive Hitze zuläßt, so ist es sehr wahrscheinlich, daß ihre Atmosphären und die Substanzen, aus denen sie bestehen, sich in einem chemischen Zustande befinden, der von dem auf der Erde bestehenden durchaus verschieden ist, und daß sie zu den Körpern aufgelöst sind, die wir Elemente nennen."

[2] Ich setze die Mitwirkung des Wassers voraus, denn sie ist nicht wegzudenken.

lagerte, und eine erste Schicht der nicht brennbaren Materie, die den untern Theil des Berges einnahm, bildete.

Dasselbe Phänomen wiederholte sich mehre male während einer Periode, deren Dauer nicht eher genau zu ermitteln sein wird, als bis alle Steinkohlenlager gleich gut erforscht sein werden.

Man wird vielleicht einwenden, daß nicht alle Steinkohlenlager dieselbe Dicke haben; indessen sind auch die meteorologischen Einflüsse sehr veränderlicher Natur und die Regengüsse und Quellen nicht immer in gleicher Weise reichlich. Würde es daher wol zu gewagt sein, anzunehmen, daß es ehemals Naphtha, Steinöl und ähnliche Verbindungen geregnet, und daß es in jenen Zeiten, ebenso gut wie jetzt, regenreiche und regenarme Perioden gegeben habe? Und diese Voraussetzung eines Steinöl- oder Naphtharegens ist nicht so willkürlich als man glauben könnte, denn sie gründet sich auf die Flüchtigkeit dieser Verbindungen.

Uebrigens begibt sich auch noch heute, mit Ausnahme eines Regens von Kohlenwasserstoffen, ganz Aehnliches wie zu jener Periode: man findet an vielen Stellen der Erde Quellen von reinem oder mit Wasser gemengtem Steinöl, man findet in der Bildung begriffene Steinkohle, das heißt Kohlenwasserstoffe von allen Graden, vom Sumpfgase bis zum Anthracit, Carburete vom Minimum bis zum Maximum des Kohlenstoffs; wir finden davon flüssige (Naphtha), durchaus feste (eigentliche Kohle, Anthracit), und zwischen beiden Extremen Verbindungen von den verschiedensten Graden der Flüssigkeit.

Man weiß, daß man in allen Gegenden der Erde Steinkohlen, Erdpech, Steinöl u. s. w. findet; aber „die bedeutendsten Steinölquellen, welche man bisjetzt kennt, liegen bei Irauaddi in Birman. Man behauptet, daß es daselbst an einem einzigen Orte 520 Brunnen gibt, welche jährlich 400,000 Tonnen Steinöl liefern". (Lyell, „Principes de géologie", 2e partie, 1845, S. 145.)

Eine bemerkenswerthe Eigenschaft dieser Kohlenwasserstoffe ist, daß sie sich beim Abdampfen zersetzen und einen an Kohle immer reichern Rückstand hinterlassen, dessen Siedepunkt stets steigt; viel entschiedener findet dies statt, wenn diese Stoffe im sphäroidalen Zustande destillirt werden: es erfolgt Zersetzung und langsame Verbrennung, wie man im 95., 76., 75., 74. und 73. Versuch gesehen hat.

Unverdorben hat bei der Destillation des Steinöls drei Flüssigkeiten erhalten, deren Siedepunkt resp. + 95°, + 112,5° und + 313° war.

Zugleich findet eine Absorption von Luft statt, und zwar in einigen Fällen so bedeutend, daß die Körper in kurzer Zeit festwerden.

Nach allem Diesen ist die Bildung von Steinkohle durch die vereinte Wirkung der Temperatur der Erde und der Luft auf die Kohlenwasserstoffe um so einleuchtender, als die Steinkohlen stets eine geringe Menge flüssiger und große Quantitäten gasförmiger Kohlenwasserstoffe liefern.

Als diese flüssigen oder gasförmigen Kohlenwasserstoffe in großen Mengen an der Erdoberfläche vorhanden waren, mußte jede Vegetation unmöglich sein. Denn wenn man eine Pflanze in eine Atmosphäre bringt, die ausschließlich aus Kohlenwasserstoff besteht, so stirbt sie; wenn man sie mit Naphtha besprengt, so erfolgt das Gleiche; werden aber diese Kohlenwasserstoffe verbrannt, so ist der erste Schritt zum Leben gethan; denn die Producte dieser Verbrennung sind Kohlensäure und Wasser, welche bekanntlich die beiden Hauptnahrungsmittel der Pflanzen sind.

Die Theorie der Steinkohlenbildung, welche ich hiermit gegeben, schließt also jede Idee von gleichzeitig vorhandenen organisirten Körpern aus, und die Abdrücke, welche man in den Steinkohlenlagern findet, würden nach der Bildung derselben erfolgt sein; dies schließt aber wiederum nicht die Möglichkeit jüngerer Bildungen aus, in denen man Stämme von einsamenlappigen Bäumen in einer zur Ebene der Steinkohlenlager senkrechten Stellung vorfindet.

Ist es nicht wahrscheinlich, daß selbst heute noch Steinkohlen in der Bildung begriffen sind, vorzüglich an den Orten, wo sich Naphtha an der Erdoberfläche findet, wie dies in Italien, Persien, China und in vielen andern Ländern der Fall ist; ebenso an den Orten, wo sich aus dem Boden des Meeres mehr oder weniger feste Harze erheben, wie bei der Insel Trinidad, im Todten Meere u. s. w.

Auf den ersten Blick könnte man glauben, daß zur Bildung der Steinkohlenlager ganz enorme Quantitäten von Kohlenwasserstoff hätten nöthig sein müssen. Dem ist aber nicht so; denn die an Kohlenstoff ärmsten Verbindungen dieser Art enthalten davon 50 Procent. Folgendes ist die Zusammensetzung einiger Kohlenwasserstoffe:

Sumpfgas	$C_2\ H_4$	$= 75\ C + 25\ H = 100$
Oelbildendes Gas . .	$C_4\ H_4$	$= 86\ C + 14\ H = 100$
Naphtha	$C_{14}\ H_{13}$	$= 87\ C + 13\ H = 100$
Petrolen	$C_{40}\ H_{32}$	$= 88\ C + 12\ H = 100.$

Hiernach enthält das Petrolen, welches man als reines Steinöl betrachten kann, 88 Procent Kohlenstoff! Boussingault betrachtet den harzigen Rückstand von der Destillation des Petrolens, der die Zusammensetzung als $C_{40} H_{32} O_4$ hat, als ein Oxydationsproduct des Petrolens, und diese Ansicht scheint uns vollkommen richtig.

Das Holz (die Cellulose) $C_{12} H_{10} O_{10}$ enthält nur 44,44 Procent Kohlenstoff, also halb soviel als das Petrolen.

Aber wird man sagen, wenn diese Theorie richtig ist, wenn es wirklich Steinöl geregnet hat, so müßte die ganze Erde von einer gleichmäßigen Steinkohlenschicht umgeben sein; man müßte mehr oder weniger davon in jedem Thale finden, und dies ist doch nicht der Fall. Auf den ersten Blick kann dieser Einwand wol von einiger Bedeutung scheinen; prüft man ihn aber genauer, so verliert er allen Halt. Zunächst könnte man den beiden andern oben angeführten Theorien dasselbe entgegenhalten, und dann ist gerade ein solcher Einwurf gegen die von uns aufgestellte nicht anwendbar; denn zur Ansammlung der flüssigen Materie für die zukünftige Steinkohle waren Bassins nöthig, und wer kann wol behaupten, daß alle Thäler dazu geeignete Aushöhlungen enthalten hätten? Wollte man dies übrigens auch wirklich zugeben, so mußten doch die Kohlenwasserstoffe, die im Allgemeinen weniger dicht als das Wasser sind, von diesen zu wiederholten malen verdrängt, an andere Orte geschafft und durch Verbrennung oder auf andere Weise verändert worden sein.

Kurz die fossilen Brennstoffe, mit Ausnahme des Torfes und der Braunkohle, stammen alle von Kohlenwasserstoffen, die ursprünglich gasförmig in der Atmosphäre enthalten waren, dann auf der Oberfläche der Erde in den sphäroidalen, und endlich in den flüssigen Zustand übergingen. Sie verdampften zum Theil, zum Theil zersetzten sie sich. Beides war das Resultat der vereinigten Einwirkung der Atmosphäre und der hohen Temperatur der Erdrinde.

Der verdampfte Theil wurde von neuem condensirt und fiel in der Form von Regen auf die Erde zurück, um da demselben Processe noch einmal zu unterliegen.

Die Zersetzungsproducte stiegen zum Theil als Sumpfgas, Kohlensäure, Wasser in die Atmosphäre, zum Theil blieben sie als mit Kohlenstoff gesättigte Verbindungen an der Oberfläche zurück, wo sie Luft absorbirten, um durch eine Art langsamer Verbrennung oder

Eremakausie die erste Grundlage der Steinkohle zu bilden. (S. die vorher citirten Versuche.) [1]

Diese Erscheinungen fanden periodisch statt, und so wurde endlich durch gleichzeitigen Hinzutritt der von den Wässern herbeigeschwemmten Stoffe die Bildung der Steinkohlenlager vollendet.

Man kann direct aus der muldenartigen Form der Steinkohlenbassins nachweisen, daß ihr Inhalt ursprünglich flüssig gewesen.

Es ist beinahe unnöthig hinzuzufügen, daß einige Bassins, wie alle andern Formationen, welche die Erdrinde bilden, Umwälzungen erlitten haben, durch welche ihre ursprüngliche Form total verändert worden ist. Aber diese, übrigens sehr leicht erkennbaren Umwälzungen können das von den Geologen constatirte Factum nicht widerlegen, daß die Form der Steinkohlenbassins ursprünglich concav ist; wäre es anders, so könnte man nicht von Bassins reden und müßte einen solchen Ausdruck aus der Geologie verbannen.

Diese beschriebenen Phänomene mußten der Erscheinung der ersten Pflanzen lange vorhergehen, die nicht ohne Kohlensäure existiren können, von welcher reichliche Mengen durch die Verbrennung der Kohlenwasserstoffe entstehen mußten.

Die in den Steinkohlen enthaltenen Ueberreste von Organismen müssen daher viel jüngern Ursprungs sein als die ältesten Steinkohlensubstanzen; übrigens finden sich solche Abdrücke auch in allen übrigen Formationen, mit Ausnahme der primären Gesteine und der vulkanischen Bildungen; man kann also aus einem solchen Umstande nichts auf den Ursprung der Steinkohlen Bezügliches schließen.

Wie man sieht, entspricht die hier ausgeführte Theorie allen Bedingungen des Problems, sie erklärt ohne Schwierigkeiten die Bildung der primitiven wie der secundären Steinkohlen, das heißt der-

---

[1] Nehmen wir als Beispiel das Petrolen und den Sauerstoff der Luft.

$2(C_{40}H_{32}) + 8\,O \ldots\ldots = 80C + 64H + 8\,O$

$C_{40}H_{32}$ unverändert verdampft .... $= C_{40}\ H_{32}$
$2(CO_2)$ zwei Aequivalente Kohlensäure .. $= C_2\ O_4$
$4(HO)$ vier Aequivalente Wasser .... $= H_4\ O_4$
$2(C_2H_4)$ zwei Aequivalente Sumpfgas ... $= C_4\ H_8$
$4(C_2H_4) + C_4H_4 + C_{22}$ {in der Bildung begriffene Steinkohle} $= C_{34}\ H_{20}$
(zusammen) $= 80C + 65H + 8\,O$

Bei dieser Gleichung hat man dem Stickstoff der atmosphärischen Luft nicht Rechnung getragen, dessen mögliche Combinationen leicht zu übersehen sind.

jenigen, welche durch Abdrücke von Thieren- oder Pflanzenkörpern charakterisirt sind. Sie zeigt, weshalb es Steinkohlenlager von umfangreicher Dicke gibt, und warum die Bassins dieses Fossils (abgesehen von den oben erwähnten Umwälzungen) alle eine concave Form haben; endlich erklärt sie auf eine genügende Weise die Bildung der Steinkohlen, welche auf Granit oder anderm Urgestein liegen.

Um nochmals kurz das über den Ursprung und die Zukunft der Steinkohlen Gesagte zu wiederholen, schließe ich mit den Worten: **Die Steinkohle ist aus der Atmosphäre durch Niederschlag entstanden und kehrt durch Verbrennung dahin zurück.**

Allgemeines Résumé.

Erster Theil.

„Wenzel wurde nicht verstanden; man fühlte nicht die Tragweite seiner Ansicht."

Thénard, „Traité de Chimie".

Werfen wir einen Rückblick auf die vorliegende Arbeit, so sehen wir:

1) daß die niedrigste Temperatur, bei der das Wasser den sphäroidalen Zustand annehmen kann, + 142° C ist;

2) daß die Temperatur des Gefäßes, in welchem man irgendeinen Körper sphäroidalisiren kann, um so höher sein muß, je höher der Siedepunkt desselben liegt;

3) daß das Wasser im sphäroidalen Zustande um so schneller verdampft, je höher die Temperatur des Gefäßes ist, und daß speciell bei + 200° seine Verdampfungsgeschwindigkeit 50 mal geringer ist als beim Sieden;

4) daß die Temperatur der Körper im sphäroidalen Zustande, wie hoch auch die des einschließenden Gefäßes sein möge, stets tiefer liegt als die, bei der sie sieden; daß sie der letztern proportional und für Wasser = + 96,5° (?) ist. Infolge dieses Gesetzes gelang mir die Lösung des Problems: innerhalb eines zur Weißglut erhitzten Raumes Wasser zum Gefrieren zu bringen;

5) daß die Temperatur des Dampfes der Körper im sphäroidalen Zustande gleich der des einschließenden Gefäßes ist; mit andern Wor-

ten: daß das Gleichgewicht der Wärme sich stets zwischen dem Dampf der sphäroidalisirten Körper und dem Raume, welcher sie einschließt, nie aber zwischen diesem Raume und den sphäroidalisirten Körpern selbst herstellt;

6) daß die Körper im sphäroidalen Zustande ein fast absolutes Reflexionsvermögen für die Wärme besitzen;

7) daß alle Körper in den sphäroidalen Zustand übergehen können (?);

8) daß zwischen den Körpern im sphäroidalen Zustande und den Oberflächen, auf welchen sie entstehen, keine Berührung stattfindet;

9) daß der sphäroidale Zustand des Wassers die Hauptursache der sogenannten donnernden Explosionen der Dampfkessel ist.

9b) Eine gründliche Untersuchung über die Ursache der donnernden Dampfkesselexplosionen hatte die Auffindung einer neuen Art von Dampfgeneratoren zur Folge, eines Systems, welches ebenso gut auf schwächere Dampfkessel (1/2 Pferdekraft) wie auch auf die größten anwendbar ist. Die kleinen Kessel dieses Systems füllen eine Lücke aus, die in der Industrie bestand, indem sie eine Kraft für den Hausgebrauch schaffen; und das Studium der Materie im sphäroidalen Zustande würde, selbst wenn es kein anderes Resultat geliefert hätte, die Beharrlichkeit des Verfassers in der Verfolgung des betretenen Weges vollkommen rechtfertigen.

10) Daß die Metalle bisjetzt nur im festen, sphäroidalen und gasförmigen Zustande studirt sind (s. den neunundfunfzigsten Versuch);

11) daß sämmtliche beobachtete und beschriebene Erscheinungen in der Muffel, d. h. innerhalb eines allenthalben von weißglühenden Wänden eingeschlossenen Raumes, unter der Glocke der Luftpumpe und im Focus eines Brennglases im Sonnenlichte ebenso verlaufen wie an freier Luft;

12) daß ein zur Flüssigkeit verdichtetes Gas, welches in diesem Zustande bei — 11° siedet, in einer rothglühenden Schale unter die Glocke der Luftpumpe gebracht, sich nur langsam verflüchtigt und nicht mehr siedet, wenn es sphäroidalisirt ist.

Zweiter Theil.

13) Das Studium des sphäroidalen Zustandes in Beziehung zur Chemie ist nicht weniger interessant und nicht weniger wichtig, als dasselbe in Bezug auf die Physik.

14) Die Ueberführung gewisser Körper in den sphäroidalen Zu=

stand bietet ein vortreffliches Mittel der Oxydation oder der langsamen Verbrennung, der Action und Reaction, der Analyse und Synthese, und der Ozonisation.

15) Der Dampf der Körper im sphäroidalen Zustande, der sich sehr langsam entwickelt, befindet sich sozusagen in statu nascenti, d. h. unter den günstigsten Bedingungen der Zersetzung und Verbindung.

16) Es liegt ein weites Feld für die Thätigkeit der Chemiker vor, wenn sie dasselbe ohne Furcht, durch die ersten Hindernisse aufgehalten zu werden, betreten.

17) Es genügt, die Beschreibung des ersten Versuchs in dem chemischen Theile dieses Werks zu lesen, um sofort zu erkennen, was das Studium des sphäroidalen Zustandes dem Chemiker verheißt; man findet in diesem Versuch ein Beispiel der Erscheinung, dem ich den Namen der Respiration der unorganischen Materie beigelegt habe.

17^{b}) Der experimentelle Theil dieses Buchs ist nicht vollendet; der Autor weiß dies und spricht es aus. Wenn man aber die geringen experimentellen Hülfsmittel desselben, sowie die Zeit, welche er dem Gegenstande widmen konnte, in Rücksicht zieht, so wird man vielleicht seine geringen Leistungen mit Nachsicht aufnehmen.

Dritter Theil.

18) Die Körper im sphäroidalen Zustande werden nicht durch ihren eigenen Dampf, sondern durch die Repulsionskraft, welche die Wärme in den Körpern erzeugt, außerhalb ihrer chemischen Wirkungssphäre gehalten.

19) Es besteht zwischen allen Theilen eines Körpers im sphäroidalen Zustande eine Attractionskraft, welche bewirkt, daß er sich so verhält, als wäre er auf einen im Raume isolirten materiellen Punkt reducirt.

20) Bis hierher ist das Wort sphäroidaler Zustand nur zur Vermeidung von Umschreibungen angewendet worden; jetzt suchen wir ihm eine ähnliche theoretische Geltung zu erwerben, wie den Worten fester, flüssiger, gasförmiger Zustand.

21) Unter den zahlreichen Eigenschaften, welche die Körper im sphäroidalen Zustande von den Körpern in den drei andern Aggregatszuständen unterscheiden, heben wir hervor: Die Temperatur der Körper im sphäroidalen Zustande ist einzig und unveränderlich, während die der Körper im festen, flüssigen und gasförmigen Zustande

unendlich vielfältig und veränderlich ist. Mit andern Worten: die Körper im sphäroidalen Zustande befinden sich in Beziehung zur Wärme in einem Zustande stabilen Gleichgewichts, während in den drei andern Zuständen die Körper in der gleichen Beziehung in einem Zustande labilen Gleichgewichts sind. (S. §. 3 des dritten Theils.)

22) Man hat früher gesehen, daß die Körper im sphäroidalen Zustande constant auf einer Temperatur unterhalb ihres Siedepunkts verharren; dies ist eine Eigenschaft der Materie in diesem Zustande, d. h. eine Wirkung, deren Ursache unbekannt ist.

23) Wenn man die Theorie Ampère's über die Ursache der Wärme annimmt, was meinerseits geschieht, so ergibt sich, daß die Temperatur für die Körper im sphäroidalen Zustande Dasselbe ist, was der Ton für den vibrirenden Körper, und daß die Ursache des sphäroidalen Zustandes mit Recht in vibrirenden Bewegungen gesucht werden kann. (S. §. 5 des dritten Theils.)

24) Die Volumina der Sphären der Körper im sphäroidalen Zustande stehen im umgekehrten Verhältnisse zu ihrem specifischen Gewicht, und ihre Massen sind einander gleich.

25) Hieraus folgt, daß die Körper im sphäroidalen Zustande dem Attractionsgesetze folgen und Satelliten der Erde bilden.

26) Da die Körper im sphäroidalen Zustande die Eigenschaft der planetaren Körper besitzen, kann man nach Analogie schließen, daß diese die Eigenschaften jener haben, und so gelangt man zur Kosmologie, wie folgt:

27) Die Sonne existirte ursprünglich allein im Centrum unsers Planetensystems.

28) Vulkanische Eruptionen haben in diesem Gestirne stattgefunden, Parcellen ihrer Substanz auf ungleiche Entfernungen in den Weltenraum geworfen und so die Planeten gebildet.

29) Diese besitzen die Eigenschaften des Centralgestirns, aus dem sie entstanden, und haben ihrerseits Fragmente ihrer Masse fortgeschleudert, um ihre Satelliten zu bilden.

30) Die Feuermeteore, die Asteroiden u. s. w. haben denselben Ursprung wie die Planeten und ihre Satelliten.

31) Dies System ist, was den Ursprung der Planeten betrifft, nicht von dem Buffon'schen und Laplace'schen verschieden, aber es unterscheidet sich gänzlich von dem letztern in Beziehung auf die Ursachen der Planetenbildung. (S. §. 8 des dritten Theils.)

32) Die Mathematiker müssen entscheiden, ob dieses System, wel-

ches weder des Buffon'schen Kometenstoßes, noch der nach Laplace erfoderlichen complicirten Bewegungen bedarf, verdient, genauer geprüft zu werden, und ob es allen Bedingungen des Problems genügt. (S. §. 7 des dritten Theils.)

33) Die Wahrscheinlichkeiten zu Gunsten dieses Systems häufen sich bei einer Betrachtung der Erde: 1) Sie hat einen feurigen Ursprung. 2) Ein Fragment, welches gleich dem 49. Theile ihres Volumens ist, wurde hinweggeschleudert, und die dadurch entstandene Lücke bildet das heutige Bassin des Oceans. 3) Durch die Ergießung der Gewässer in dieses Bassin wurden die Thäler ausgehöhlt, die erratischen Blöcke transportirt, das Gerölle fortbewegt u. s. w. 4) Die Formation der Gebirge durch Erhebung endlich hat keinen andern Grund als den, welcher das Bassin des Meeres durch Auswerfung des Mondes gebildet hat. Ebenso verhält es sich mit den Erderschütterungen und vulkanischen Eruptionen: alle diese Phänomene sind gemeinsamen Ursprungs; sie sind eine Wirkung derselben Ursache, die mit mehr oder weniger großer Intensität von innen nach außen wirkt; sie sind eine Folge der vibrirenden Bewegung der geschmolzenen Substanzen, welche beinahe die ganze Masse der Erde ausmachen.

33b) Eine einzige Kraft herrscht in der ganzen Natur: die Attraction, ihr Gegensatz ist die Repulsion, welche nichts Anderes als geringe Attraction ist. (S. die Note auf S. 256.)

34) Alle Körper verhalten sich gegen glühende Oberflächen gleich, woraus man schließen kann, daß die Materie homogen ist.

35) Der Aether bildet das primitive Molecul der Materie.

36) Der Wasserstoff ist der erste materielle Körper, den wir kennen, er ist condensirter, wahrnehmbarer und wägbarer Aether.

37) Sein Atomgewicht ist ein Multiplum von dem des Aethers oder der unbekannten Zwischenkörper, deren Atomgewichte ihrerseits wieder Multipla von dem des Aethers sind.

38) Demzufolge würde die Hypothese von Prout, die von Dumas und seiner Schule aufgenommen ist, nothwendig richtig sein.

39) Die Molecule aller Gase sind kugelförmig, hohl und gleich groß; sie unterscheiden sich nur durch eine mehr oder weniger große Wanddicke.

40) Durch Condensation und Fall auf eine bis zu einer gewissen Temperatur erhitzte Oberfläche (s. den ersten Theil §. 1), gehen die Körper in den sphäroidalen Zustand über.

41) Diese Erscheinung hat nothwendig in ausgedehntem Maße an der Oberfläche der Erde stattfinden müssen;

wahrscheinlich trägt sie sich noch jetzt an der Oberfläche des glühenden Kernes zu, welcher den größten Theil unsers Planeten ausmacht.

42) Da die Körper im sphäroidalen Zustande eine constante (?), vom umgebenden Mittel unabhängige Temperatur besitzen, so sind sie zur Ausbrütung geeignet.

43) Wenn dies der Fall ist, so ist anzunehmen, daß sie in den primitiven Zeiten zur Erfüllung dieser bedeutungsvollen und mysteriösen Function gedient haben . . . .

. . . .

44) Es ist erlaubt zu hoffen, daß der sphäroidale Zustand, welcher die ganze Natur [1], von den größten Himmelskörpern bis hinab zu den kleinsten organisirten Körpern, umfaßt, früher oder später ein Gegenstand der allgemeinen Aufmerksamkeit werde.

Schlußrésumé.

Den Lesern, welchen vorstehendes Résumé zu lang erscheint, bieten wir Folgendes:

Ein Princip,
Eine Kraft, Eine Materie.

[1] Immer bezüglich der Form, fast immer bezüglich der Eigenschaften.

Druck und Xylographie von F. A. Brockhaus in Leipzig.